FONDO PIZZOFALCONE

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio XIX

Palchetto 4

Num.° d' ordine 32

9-C-31

NAZIONALE
B. Prov.
I
784
NAPOLI
R. BIBLIOTECA
VITT. EM. III

B. P.
I
784

SYSTÊME
DE CHIMIE.

IMPRIMERIE DE H. PERRONNEAU.

606951 SBN

SYSTÊME
DE CHIMIE
DE M. Th. THOMSON,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ D'ÉDIMBOURG;

TRADUIT DE L'ANGLAIS

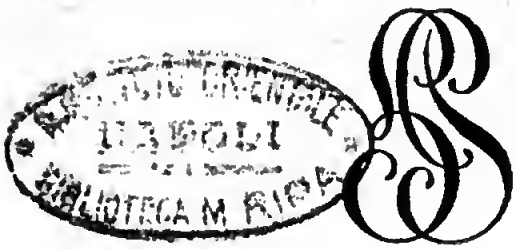
SUR LA DERNIÈRE ÉDITION DE 1807,

PAR M. Jn. RIFFAULT;

PRÉCÉDÉ

D'une Introduction de M. C. BERTHOLLET,
membre de l'Institut.

TOME SECOND.



PARIS,

Mad. Ve. BERNARD, libraire, quai des Augustins, No. 25.

M. DCCC. IX.

On trouve chez le même Libraire tous les livres nécessaires aux élèves de l'Ecole impériale Polytechnique, et aux ingénieurs de l'Ecole impériale des Ponts et Chaussées, ainsi que les livres de Chimie, Physique et Mathématiques ;

Les Annales de Chimie,

Le Bulletin des Sciences par la Société Philomatique,

L'Histoire de France abrégée et chronologique, depuis la première expédition des Gaulois jusqu'en septembre 1808, avec une biographie des hommes célèbres depuis le 5e. siècle jusqu'à ce jour, et un plan de Paris avec ses dix accroissemens successifs. 2 vol. in-8°.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SECOND.

Pages.

DIVIS. II. *Des corps qui ne peuvent être retenus et enfermés dans des vaisseaux.* 1

CHAP. I. *De la lumière.* 3

II. *Du calorique* 31

SECT. 1. *Nature du calorique.* 32

2. *Mouvement du calorique* . . . 50

3. *Distribution égale de température.* 113

4. *Effets du calorique sur les corps.* 125

I. Changemens dans le volume . . . . . Ibid.

II. Changemens d'état . . . 164

III. Changemens dans la composition 207

SECT. 5. *Quantité de calorique dans les corps* 209

6. *Sources du calorique* 254

I. Le soleil. 255

II. La combustion. 263

III. La percussion. 290

IV. Le frottement. 297

V. Le mélange. 307

Pages.

CHAP. III. *Des corps simples en général.* 312
LIV. II. *Des corps composés.* 321
DIVIS. I. *Des bases salifiables* . . . 324
CHAP. I. *Des alcalis volatils* 325
SECT. 1. *De l'ammoniaque.* 326
CHAP. II. *Des alcalis fixes* 344
SECT. 1. *De la potasse.* 345
2. *De la soude* 361
CHAP. III. *Des terres alcalines.* . . . 364
SECT. 1. *De la chaux* 366
2. *De la magnésie.* 383
3. *De la barite* 390
4. *De la strontiane.* 399
CHAP. IV. *Des terres proprement dites.* 406
SECT. 1. *De l'alumine* 407
2. *De l'yttria.* 418
3. *De la glucine* 422
4. *De la zircone* 425
5. *De la silice* 429
CHAP. V. *Remarques sur les alcalis et les terres.* 443
DIV. II. *Des composés primaires.* . . 454
CHAP. I. *Des oxides.* 457
SECT. 1. *De l'eau.* 460
2. *Des oxides de carbone.* . . 490
3. *Des oxides de soufre et de phosphore* 514
4. *Des oxides d'azote.* . . . 515

ERRATA

DU TOME SECOND.

Pages.	Lignes.	
100	3,	il versa ensuite dans le vaisseau *lisez* il versa ensuite doucement dans le vaisseau
127	27,	Divernois *lisez* Du Vernois
143	22,	du refroidissement *lisez* de la congélation
151	20 et 21,	ne s'abaisse jamais *lisez* ne s'abaissa jamais
154	3 de la note,	page 148 *lisez* 134
156	15,	8.33 *lisez* 7.77
159	4,	avoient pu être exposés *lisez* avoient été exposés
160	24,	de diamètre, en le remplissant etc. *lisez* de diamètre intérieur, en le remplissant etc.
162	19 et 20,	après le mot contraction *ajoutez* de là vient que le fer en fusion prend si exactement la forme du moule
167	13,	constatée *lisez* constante
169	7,	à 11°.66 centigr. *lisez* à —6°.11 centigr.
198	4°. col. de la table,	15°. quantité de ladite colonne, 155 *lisez* 155.55
205	21,	40.44 centigr. *lisez* 4°.44 centigr.
216	10 de la note,	$\frac{g+c}{g+1}$ *lisez* $= \frac{c}{g+1}$.
218	1er. tableau de la note, 2°. col., dern. lig.	*lisez* 35
221	21,	et d'huile de baleine *lisez* et l'huile de baleine
238	6,	$C+c-K+k$ etc. *lisez* $C+c-\overline{K+k}$ etc.
238	8,	après $S=$ etc. *supprimez* l'indication (1), et la citation correspondante au bas de la page

Pages.	Lignes.	
238	12,	$CQ+cq-KQ+kq$ etc. *lisez*..... $CQ+cq-\overline{KQ+kq}$ etc.
Id.		*Supprimez la note au bas de la page.*
239	14,	cent. *lisez* cent. (1), *et ajoutez en note.* (1) Séguin, Ann. de chim. V. 231.
Id.		dern. ligne, et note (1) *lisez* (2).
245	24,	dans *lisez* de
290	23,	le produit *lisez* la production
334	4 et 5,	il *lisez* elle
340	6,	le *lisez* la
343	15,	dégagé *lisez* dégagée
375	15 de la note,	phosphore *lisez* phosphure
379	avant-dernière lig.,	magnésie *lisez* manganèse
412	7 et 9,	10 *lisez* 7.6 648 *lisez* 610
424	6,	2.967 *lisez* 2.976
435	dernière lig.,	*liqueur siliceuse* lisez *liqueur des cailloux*
466	11,	0.10 *lisez* 0.05
474	3,	Fut *lisez* est
479	7,	Mongez *lisez* Monge
483	1, 3 et 6,	020 *lisez* 200; 385.043 *lisez* 385.038; 0.224 *lisez* 0.219
498	1,	naissance *lisez* connoissance
519	5,	de son volume *lisez* de son propre volume
534	dernière lig.,	les 0.0126 *lisez* les 0.016

SYSTÊME
DE CHIMIE.

SECONDE DIVISION.

Des corps qui ne peuvent être retenus et enfermés dans des vaisseaux.

Les substances décrites dans les chapitres précédens sont de nature à pouvoir être réunies ensemble en quantités, enfermées, retenues, et conservées dans des vaisseaux convenables pour être soumises à la preuve de l'expérience. Ces substances sont donc susceptibles d'être examinées avec soin. Il n'en est pas de même de celles dont nous avons à nous occuper ; elles sont d'une nature tellement subtile que nous n'avons en notre pouvoir aucun moyen de les recueillir, et de les garder dans nos vaisseaux pour servir aux recherches que nous aurions à faire sur elles. D'un autre côté, leur affinité pour les autres corps est si forte qu'on ne peut

les saisir à l'état de séparation parfaite. Ces particularités, et la difficulté qui en résulte pour l'examen de ces substances, ont donné lieu à un grand nombre de théories et d'hypothèses avancées sur leur nature, et soutenues avec beaucoup d'esprit et d'adresse par plusieurs philosophes distingués. Le nombre de ces substances actuellement connues, ou supposées exister, est de 4; savoir, la lumière, le calorique, l'électricité et le magnétisme. Cette dernière est regardée jusqu'à présent comme appartenant à peine à la chimie, et je me propose de traiter de la troisième dans un ouvrage séparé. Il ne me restera donc à parler que des deux premières qui feront le sujet des deux chapitres suivans. Leur connexion intime avec la *combustion*, le problème le plus important de la chimie, a dû particulièrement fixer l'attention sur leurs propriétés et en faire considérer la recherche comme la partie la plus intéressante de cette science : je commence l'examen de ces corps par celui de la *lumière*, parce que sa nature a été plus complètement étudiée que celle du calorique, et ses propriétés reconnues avec plus de précision.

CHAPITRE PREMIER.

De la lumière.

Tout le monde est familiarisé avec la lumière du soleil, avec celle que donnent une bougie, et d'autres corps, lorsqu'ils brûlent; chacun sait aussi que c'est par le moyen de la lumière, que les corps nous sont rendus visibles.

[*Nature de la lumière.*] La nature de cette *lumière* ne nous est pas également connue : on peut réduire à deux théories différentes toutes les hypothèses qu'on a faites sur ce sujet. Suivant Huygens, la sensation de la lumière résulte de l'impression que reçoit l'organe de la vue du mouvement des molécules d'un fluide éminemment subtil qui remplit tout l'espace, et qui est mis en vibration par les corps lumineux. Ainsi, lorsque le soleil paroît sur l'horison, il presse et agite ce fluide dont les ondulations se propagent de proche en proche, elles arrivent jusqu'à l'œil, et nous voyons le soleil. Cette opinion d'Huygens fut partagée par Euler qui l'appuya de toute la force de son génie.

La plupart des autres philosophes, et Newton à leur tête, considèrent la lumière comme une émanation réelle des corps lumineux. Il s'en écoule continuellement des particules d'une ténuité extrême qu'ils lancent de tous côtés, qui se meuvent en lignes droites et parviennent jusqu'au fond de l'œil : Newton étaya cette théorie de la démonstration mathématique, en prouvant qu'on en pouvoit ainsi déduire les phénomènes de la lumière. Huygens et Euler au contraire, s'occupèrent beaucoup plus des objections dont cette hypothèse de Newton leur paroissoit susceptible, que des moyens de soutenir la leur par des preuves directes. Mais ces objections, fussent-elles fondées, au lieu de confirmer leur propre opinion, ne serviroient qu'à prouver que nous n'avons pas encore une connoissance parfaite des phénomènes de la lumière, vérité à laquelle on ne peut se refuser de quelque manière qu'on envisage la question. Suivant Newton et ses disciples, ce qui nous apparoît des phénomènes de la lumière ne pourroit s'expliquer dans la supposition des ondulations d'un fluide répandu dans l'espace ; car alors il ne devroit jamais y avoir d'obscurité ou de nuit. Ils firent, en outre, contre cette théorie un très-grand nombre d'argumens directs auxquels il fut impossible de répondre d'une manière sa-

tisfaisante. Nous adopterons donc de préférence la théorie de Newton, qui nous paroît présenter beaucoup plus de probabilités que l'autre ; et c'est en considérant la lumière comme formée de particules continuellement émises des corps lumineux, d'où elles s'écoulent en lignes droites, que nous allons procéder à l'examen de ses propriétés.

[*Sa vélocité.*] 1. Rœmer (1), physicien danois, trouva le premier par le calcul que la lumière employoit environ 16 minutes à traverser l'orbite de la terre, et que par conséquent elle parcourt plus de 32000 myriamètres par seconde.

Ce résultat des observations de Rœmer fut confirmé depuis, et expliqué de manière à produire la conviction la plus entière, par le très-ingénieux travail de Bradley sur l'aberration de la lumière des étoiles fixes (2).

[*Dimension de ses molécules.*] 2. Cette vitesse si prodigieuse du mouvement de la lumière étant bien reconnue, on peut se faire quelque idée du volume des molécules qui la composent. Il est démontré en mécanique, que la force avec laquelle un corps en choque un autre

(1) Phil. Trans. XII. 85.

(2) *Ibid* XXXV. 637 ; et XLV. 1.

dépend de sa masse, et de la vîtesse avec laquelle il se meut. Un boulet de 11.74 kilog. qu'on laisseroit tomber de sa main ne produiroit aucune impression sensible sur une muraille ordinaire, tandis qu'elle seroit mise en pièces par ce boulet lancé d'un canon avec une vîtesse de 394632 millimètres par seconde. Il est donc bien évident que plus la vîtesse avec laquelle un corps se meut est grande, plus l'effet qu'il est capable de produire est considérable. Ainsi pour opérer un effet quelconque avec un corps quelque petit qu'il soit, il suffit d'augmenter considérablement sa vîtesse, de même que pour éviter qu'un corps ne produise un effet connu, il faut diminuer sa masse en raison de l'accroissement de sa vîtesse. Or, la vîtesse de la lumière est telle, qu'en supposant que chacune de ses molécules ne pèse qu'environ les 0.000053 d'un gramme, elle auroit une force beaucoup plus grande que celle de la balle sortant du mousquet ; que cette force suffiroit même pour renverser tout ce qu'elle rencontreroit, quand le poids de la molécule ne seroit que d'environ 0.00000053 d'un gramme, et qu'enfin une molécule dont le poids ne seroit que la millionième partie de celle-ci, conserveroit encore une action très-sensible ; et de combien le

poids d'une molécule de lumière arrivant à notre œil avec une aussi étonnante vîtesse, ne devroit-il pas être moindre encore pour ne pas affecter d'une manière nuisible un organe aussi délicat que l'est celui de notre vue? Nous pouvons donc regarder comme certain qu'il n'est pas de molécule de lumière qui pèse les 0.00000000000053 d'un gramme, et dans ce cas, on se persuadera aisément que l'addition ou la soustraction de 900 millions de molécules de cette espèce ne peut produire, sur un corps quelconque, une différence de poids appréciable à la balance. C'est donc en vain qu'on se flatteroit de l'espérance de parvenir à s'assurer de l'accumulation de la lumière dans les corps, par le changement qu'elle opéreroit dans leur poids.

[*Réfraction.*] 3. Lorsqu'un rayon de lumière traverse le même milieu, ou lorsqu'il passe perpendiculairement d'un milieu dans un autre, il continue sa route sans changer sa direction; mais il en est toujours un peu détourné pour en prendre une autre, lorsqu'il rencontre obliquement la surface d'un autre milieu de densité différente. Le détour qu'il éprouve dans ce cas, s'appelle *réfraction*, et l'on donne le nom de *réfracté* au rayon ainsi rompu ou

brisé. Dans le passage d'un milieu plus rare, dans un milieu plus dense, la réfraction porte le rayon rompu vers la perpendiculaire ; elle l'en éloigne au contraire, s'il traverse un milieu plus dense pour entrer dans un milieu plus rare. En général, la quantité de réfraction est proportionnelle à la densité du milieu, mais à densité égale, la puissance réfractive du milieu combustible est plus considérable (1). Dans le même milieu, les sinus des angles d'incidence et de réfraction sont toujours dans un rapport constant.

[*Réflexion.*] 4. Lorsqu'un rayon de lumière, après être entré sous un certain degré d'obliquité dans un milieu transparent, rencontre un obstacle impénétrable pour lui qui l'empêche de passer outre, il rebrousse chemin, se replie vers le milieu qu'il avoit pénétré, et présente l'effet d'une boule qu'on laisse tomber obliquement sur le plancher. On donne le nom de *réflexion* à ce changement de direction dans le mouvement du rayon qu'on appelle alors *réfléchi* ; l'angle de réflexion est toujours égal à celui d'incidence ; lorsque la surface d'un

(1) Ce fut la connoissance de cette loi qui porta Newton à soupçonner que le diamant étoit combustible, et que l'eau contenoit un principe inflammable. *Opus.* p. 270.

milieu est polie comme celle du verre ou des miroirs, les rayons obliques n'y entrent point, mais ils sont réfléchis au contact de la surface du corps. Toutes les surfaces sont capables de réfléchir un plus ou moins grand nombre de rayons obliques ; les rayons ne se réfléchissent qu'aux surfaces.

[*Inflexion.*] 5. Lorsqu'un rayon de lumière passe à une certaine distance d'un corps parallèle à la direction suivant laquelle il se meut, il se détourne de sa route en se pliant vers le corps. Cette déviation du rayon de lumière s'appelle *inflexion.*

[*Déflexion.*] 6. On la nomme *déflexion* lorsque la distance à laquelle le rayon passe près du corps parallèle étant plus grande, il se dévie de sa direction en s'éloignant du corps ; Newton a demontré que ces phénomènes résultent de l'attraction qui existe entre la lumière et les milieux qu'elle traverse et dont elle approche, ou entre elle et les corps près desquels elle passe dans la direction de son mouvement.

[*Opacité et transparence.*] 7. Quelques substances, telles que l'eau, sont *transparentes*, ou laissent un libre passage à la lumière ; d'autres, comme le fer, sont *opaques* et ne peuvent être traversées par elle. Il n'y a cependant

aucun doute que les molécules des corps ne soient assez distantes les unes des autres pour permettre la libre transmission de la lumière. Leur opacité, et leur transparence, dépendent donc de toute autre cause que de celle de l'écartement de leurs molécules. On ne peut, suivant Newton, donner une explication plus satisfaisante de la transparence des corps, qu'en supposant dans les molécules de ceux de cette nature, un arrangement uniforme, et une densité égale. Lorsqu'un rayon de lumière entre dans ces corps, il est attiré également dans tous les sens, et se trouve dans le même état que s'il ne l'étoit pas du tout. Il passe donc à travers le corps sans obstacle. Dans ceux opaques, au contraire, où l'arrangement des molécules est irrégulier et leur densité variable, le rayon de lumière y éprouvant une attraction inégale, sa direction change continuellement, il ne peut s'y frayer une route.

[*Décomposable en sept rayons.*] 8. En faisant passer un rayon de lumière à travers un prisme de verre triangulaire, et en le recevant sur une feuille de papier blanc, l'image, qu'on appelle *spectre*, peinte sur ce papier, est une figure oblongue, terminée à ses extrémités par deux arcs demi-circulaires. Dans ce cas la réfraction de lumière est considérablement augmentée

par la forme du prisme ; et par conséquent, si la lumière consiste en un assemblage de rayons de réfrangibilité différente, ainsi que le prouve la figure oblongue du spectre, ils seront séparés les uns des autres. Les moins réfrangibles occuperont le cercle lumineux que le rayon auroit formé si la forme prismatique du verre ne s'y fût opposée, et les autres s'éloigneront plus ou moins de ce cercle en raison de leur réfrangibilité. Le nombre de ces rayons a été déterminé par celui des sept couleurs que présente le spectre, et classé comme elles, dans l'ordre suivant : *rouge*, *orangé*, *jaune*, *vert*, *bleu*, *indigo*, *violet*. Le rayon rouge est le moins réfrangible, et le violet le plus. Les autres le sont suivant le rang qui leur est assigné dans la dénomination de ces 7 rayons. Newton s'est assuré qu'en divisant la totalité du spectre en 360 parties,

Le rouge occupe	45 de ces parties ;
L'orangé	27 ;
Le jaune	48 ;
Le vert	60 ;
Le bleu	60 ;
L'indigo	40 ;
Le violet	80.

Mais il a été observé depuis, que ces rayons different un peu relativement à leur étendue dans

le spectre, suivant que le milieu traversé par la lumière qui le forme, est plus ou moins réfringent.

9. Ces rayons colorés suivent, à l'égard de la réflexibilité et de l'inflexibilité, le même rapport que celui de la réfrangibilité; ainsi c'est dans les rayons rouges que cette propriété est la moins sensible, dans les rayons violets qu'elle est la plus forte, et dans chacun des autres, elle est en raison de leur ordre respectif dans le spectre prismatique.

10. Chacun de ces rayons colorés est permanent. Aucun d'eux ne peut être affecté ni altéré par quelque nombre que ce soit de réfractions ou réflexions.

Les propriétés de la lumière, que nous venons d'énumérer, constituent la science qu'on nomme *optique*. Elles prouvent de la manière la plus décisive, non-seulement que la lumière est attirée par d'autres corps, mais encore qu'elle l'est inégalement. En effet, toutes choses égales d'ailleurs, les corps combustibles la réfractent plus puissamment que les autres, et l'attirent par conséquent avec plus de force; mais cette *variation* dans le degré d'énergie étant un des caractères les plus remarquables de l'affinité chimique, il s'ensuit que l'attraction qui existe entre la lumière et d'autres corps ne diffère pas de cette espèce d'affinité.

[*Faculté d'illumination.*] 11. Les rayons de lumière diffèrent dans leur pouvoir d'illuminer les objets. L'image produite par une portion égale de chacun de ces rayons, l'un après l'autre, sur une page d'impression par exemple, ne la rendra pas distinctement visible à la même distance. Il faudra s'en approcher le plus près lorsqu'elle sera éclairée par le rayon violet; un peu moins lorsque ce sera le rayon indigo; avec les rayons bleu, et vert foncé, elle pourra être visible en s'en éloignant successivement de plus en plus, et enfin à la distanee la plus considérable de toutes, avec les rayons vert le plus clair, ou jaune le plus foncé. Enfin il faudra se rapprocher de l'objet lorsqu'il sera éclairé par le rayon orangé, et davantage encore lorsqu'il le sera par le rayon rouge. Ainsi il paroît, que c'est dans les rayons qui avoisinent le milieu du spectre, que la faculté d'illumination est la plus grande; que dans ceux des extrémités elle est la plus foible, et qu'elle diminue graduellement dans les autres à raison de leur différente position du milieu vers les extrémités du spectre. Nous sommes redevables de la connoissance de ces faits aux expériences d'Herschell (1).

(1) Phil. Trans. 1800, p. 255.

[*La lumière pénètre les corps.*] 12. La lumière est capable d'entrer dans les corps, d'y séjourner, et d'en être ensuite dégagée sans avoir éprouvé d'altération. On sait, d'après les expériences du père Beccaria, et de plusieurs autres savans, qu'il est un grand nombre de substances qui deviennent lumineuses par leur exposition à la lumière (1). On leur reconnut cette propriété en les transportant instantanément d'un lieu éclairé dans un endroit obscur, ou en rendant tel celui où on les avoit exposées à la lumière; il est vrai que la plupart de ces substances perdent très-promptement cette propriété, mais elles la recouvrent en les présentant de nouveau à la lumière, et on peut la leur rendre ainsi à volonté. M. Canton fit quelques expériences très-intéressantes dans la vue de trouver une composition qui possédât cette faculté dans un degré remarquable (2); il fit calciner, en les tenant pendant une demi-heure dans un grand feu de charbon, des écailles d'huîtres qu'il réduisit alors en poudre, et dont il sépara, par le tamisage, la portion la plus fine. Il fit un mélange de trois parties de cette poudre et d'une partie de fleurs de soufre; il

(1) Phil. Trans. LXI. 212.
(2) *Ibid.* LVIII. 337.

le mit, en le foulant bien, dans un creuset qui fut chauffé au rouge pendant une heure. On ratissa alors la portion la plus brillante de ce mélange, et on l'enferma dans une fiole sèche bien bouchée (1). En exposant, pendant quelques secondes, cette composition à la lumière, elle devient suffisamment lumineuse pour faire distinguer l'heure à une montre. Elle cesse de luire au bout de quelque tems, mais elle recouvre cette propriété lorsqu'on l'expose de nouveau à la lumière. Ainsi donc, il est des corps qui non-seulement ont de l'action sur la lumière, mais encore avec lesquels elle est susceptible de s'unir, et qu'elle abandonne ensuite sans éprouver aucun changement. On a objecté à cette conclusion, que la combustion étant toujours accompagnée d'émission de lumière, c'est cette émission qui rend lumineux certains corps qui brûlent lentement et d'une manière imperceptible; mais on ne peut raisonnablement soupçonner aucun

(1) Le docteur Higgens a sensiblement perfectionné le mode de préparation du pyrophore de Canton. Il met par couches, dans un creuset, les écailles d'huîtres et le soufre sans les réduire en poudre : il expose le creuset à une chaleur convenable, et il enferme le mélange qu'il en retire dans des fioles bien bouchées.

effet de combustion dans la plupart des expériences du père Beccaria, pour peu qu'on réfléchisse qu'un des corps sur lesquels il les faisoit étoit sa propre main, et que beaucoup d'autres corps dont il se servoit étoient entièrement incombustibles. Les phénomènes observés par M. Canton ne paroissent pas non plus compatibles avec les notions que nous avons de la combustion. Son pyrophore ne devient lumineux que lorsqu'il est exposé à la lumière, et il perd cette propriété lorsqu'on le garde dans l'obscurité : mais ce n'est pas leur exposition à la lumière qui rend lumineuses les substances susceptibles de combustion à la température de l'atmosphère, c'est leur exposition à l'air. Si la même température continue, elles ne cessent pas de luire jusqu'à ce qu'elles soient consumées ; et si cela avoit lieu, ce ne seroit point par l'application de la lumière, mais bien par celle du calorique, qu'elles redeviendroient lumineuses. Le pyrophore de Canton, au contraire, lorsqu'il avoit perdu sa propriété de luire, ne la recouvroit par la chaleur qu'autant qu'elle étoit accompagnée de lumière. La chaleur ne produisoit d'autre effet que de faciliter la séparation de la lumière du pyrophore, et de diminuer, par conséquent, la durée du tems pendant lequel il eût pu rester lumineux.

On exposa à la lumière deux globes de verre hermétiquement fermés, dans chacun desquels on avoit mis un peu de ce pyrophore, et on les transporta dans un lieu obscur. Un de ces deux globes ayant été plongé dans un bassin d'eau bouillante, il devint beaucoup plus éclairé que l'autre; mais au bout de dix minutes il cessa de donner aucune lumière. Le pyrophore, dans l'autre globe, resta visible pendant plus de deux heures. Les deux globes ayant été gardés pendant deux jours dans l'obscurité, on les plongea l'un et l'autre dans un bassin d'eau chaude; celui qui avoit déja été mis dans l'eau ne donna aucune clarté; l'autre, au contraire, devint lumineux et continua de l'être pendant un tems considérable. Ni l'un ni l'autre ensuite ne recouvra la faculté de luire par le moyen de l'eau chaude, mais en les plaçant tous les deux près d'un fer rougi de manière à être à peine visible dans l'obscurité, ils dégagèrent aussitôt toute la lumière qui y restoit, et ne purent plus être rendus lumineux par ce moyen; cependant en les exposant une seconde fois à la lumière, ou même en leur en communiquant avec une bougie allumée, et par l'électricité, ils présentèrent de nouveau les mêmes phénomènes. Ces faits, qui ne peuvent certainement pas se concilier avec ce qui a lieu dans la combustion,

doivent suffire pour nous convaincre que la lumière étoit le seul agent, et qu'elle étoit réellement entrée dans les corps lumineux.

On a mis en question si la lumière, émise par les substances pyrophoriques, étoit la même que celle à laquelle elles ont été exposées. M. Wilson a prouvé que, dans beaucoup de cas au moins, elle est différente, que les rayons bleus particulièrement produisent beaucoup plus d'effet qu'aucun autre sur beaucoup de pyrophores, et que leur action occasionne un dégagement de lumière rouge. M. de Grosser a fait voir que la même chose a lieu à l'égard du diamant, qui est un pyrophore naturel (1).

Quoi qu'il en soit, on ne peut jusqu'à présent révoquer en doute, que la propriété qu'ont ces corps d'être lumineux, ne soit due à leur exposition à la lumière, et que ce phénomène n'ait aucun rapport avec la combustion.

[*La lumière se combine avec les corps.*] 13. La lumière entre non-seulement dans les corps, mais encore elle se combine avec eux et en devient une des parties composantes. C'est ce qui a été évidemment prouvé par une suite d'expériences faites il y a longtems par M. Can-

(1) Journ. de phys. XX. 270.

ton (1), et répétées dernièrement avec beaucoup plus d'étendue par le docteur Hulme (2). On sait que différentes espèces de viandes et de poissons, au moment où elles commencent à entrer en putréfaction, deviennent lumineuses dans l'obscurité, et donnent, par conséquent, de la lumière. Cet effet est particulièrement produit par le merlan, le hareng, et le maquereau. Si l'on met 6 grammes de l'un ou de l'autre de ces poissons dans une fiole contenant 60 gram. d'eau de mer, ou d'eau pure tenant en dissolution 1 gram. de muriate de soude ou 4 gram. de sulfate de magnésie, et qu'on place cette fiole dans un endroit obscur, il se forme dans l'espace de trois jours un anneau lumineux à la surface du liquide qui devient lumineux en totalité lorsqu'on l'agite, et continue de l'être ainsi pendant quelque tems. Lorsque ces liquides sont gelés, la lumière disparoît, mais elle est de nouveau produite dès qu'ils ont repris leur premier état. Une chaleur médiocre augmente l'émission de lumière, celle de l'eau bouillante la fait entièrement cesser. La lumière est également éteinte par l'eau, l'eau de chaux, l'eau imprégnée de gaz acide carbonique, ou de gaz

(1) Phil Trans. LIX. 446.

(2) Jour. de phys. 1800, p. 161.

hydrogène sulfuré, les liqueurs fermentées, les liqueurs spiritueuses, les acides, les alcalis, et l'eau saturée de différens sels, comme le muriate d'ammoniaque, le muriate de soude, et le sulfate de magnésie; mais la lumière reparoît lorsque ces dissolutions sont étendues d'eau. Cette lumière ne produit aucun effet sensible sur le thermomètre (1). On ne peut nier, d'après ces expériences, que la lumière ne soit une des parties constituantes de ces substances, et que ce ne soit la première de ces parties qui s'en dégage, lorsqu'elles commencent à se décomposer.

[*Explication de la couleur des corps.*] 14. Presque tous les corps ont la propriété d'absorber la lumière, quoiqu'elle ne s'en émane pas comme des substances pyrophoriques et animales; mais cette faculté d'absorption, ils ne l'exercent pas à l'égard de tous les rayons indistinctement; elle se borne, pour quelques corps, à celle d'un certain rayon coloré, à celle d'un autre rayon pour d'autres corps; et chacun d'eux réfléchit les rayons qu'il n'absorbe pas. Telle est la cause de la différence des couleurs des corps. Un corps rouge,

(1) Les mêmes expériences réussissent avec le pyrophore de Canton, ainsi que l'a fait voir le docteur Hulme.

par exemple, réfléchit les rayons rouges et absorbe les autres. Le corps vert réfléchit les rayons verts, et peut-être les rayons bleus et jaunes, et absorbe le surplus. Le corps blanc réfléchit tous les rayons et n'en absorbe aucun. Le corps noir, au contraire, les absorbe tous et n'en réfléchit aucun. Les différentes couleurs des corps dépendent donc de l'affinité qu'ils ont pour des rayons particuliers, et de ce qu'ils n'en ont pas pour les autres.

[*La lumière produit des changemens sur les corps.*] 15. Les corps éprouvent un changement sensible par l'absorption de la lumière. Les plantes, par exemple, végètent passablement bien dans l'obscurité, mais alors leur couleur est toujours blanche ; elles ont à peine de la saveur, et ne contiennent qu'une très-petite proportion de matière combustible. Mais peu de tems après qu'elles ont été exposées à la lumière, leur couleur devient verte, leur saveur beaucoup plus forte, et leur proportion de matière combustible beaucoup plus considérable. Ces changemens, qui sont très-évidens, dépendent incontestablement de l'action de la lumière. Un autre exemple très-remarquable de cette action, c'est la réduction des oxides métalliques. La couleur des oxides rouges de mercure, et de plomb, devient beaucoup plus légère

lorsqu'ils sont exposés au soleil; et dans la même circonstance, les sels blancs d'argent noircissent très-promptement et l'oxide est réduit. Celui d'or peut l'être de la même manière : la lumière a donc ainsi la propriété de séparer l'oxigène de plusieurs oxides. Schéele, qui examina le premier tous ces faits avec beaucoup d'attention et d'exactitude, observa aussi que le rayon violet réduit l'oxide d'argent bien plus promptement qu'aucun des autres rayons (1); et Sennebier s'est assuré que ce même rayon contribue le plus efficacement à produire la couleur verte des plantes (2). Berthollet a observé, que pendant la réduction des oxides, il se dégage du gaz oxigène en grande abondance (3).

On supposoit, il n'y a pas longtems encore, que ces réductions d'oxides métalliques étoient l'effet de l'action des rayons calorifiques de la lumière; mais MM. Wollaston, Ritter, et Bockman, se sont assurés dernièrement que le

---

(1) Sur le feu, p. 78 et 98.

(2) Mém. physico-chim. II. 72.

(3) Journ. de phys. XIX. 81. Lorsque le muriate d'argent est exposé à la lumière du soleil, il noircit presqu'instantanément. Dans ce cas, ce n'est pas le gaz oxigène qui s'en dégage, mais le gaz acide muriatique, comme l'a aussi observé Berthollet *Voy.* Journ. de phys. LVI. 80.

muriate d'argent est le plus rapidement noirci lorsqu'il est placé en dehors du rayon violet, entièrement au-delà de la limite du spectre solaire, et ils en ont conclu que ce changement ne peut pas être attribué aux rayons colorifiques, mais qu'il est produit par d'autres rayons également incapables de rendre les objets visibles, et de donner aucune chaleur sensible. On voit qu'ils sont plus réfrangibles que les rayons colorifiques, puisqu'ils s'étendent au-delà de l'extrémité du spectre qui présente le rayon violet. Il paroît résulter de ces expériences très-remarquables, que la lumière solaire consiste au moins dans des rayons de deux natures différentes, dont les uns sont seulement lumineux, et dont les autres noircissent le muriate d'argent et réduisent les oxides métalliques. Il est même vraisemblable que c'est aux rayons de cette dernière espèce, auxquels on n'a pas encore donné de nom, que sont dus tous les autres changemens chimiques que la lumière solaire fait éprouver aux corps. Comme l'effet des rayons diversement colorés du prisme sur les oxides métalliques augmente en raison de leur réfrangibilité, et puisqu'il a été reconnu qu'à une certaine distance au-delà du rayon violet cet effet est le plus grand, nous pouvons admettre, sans hésiter, que les rayons colorifiques n'ont aucune

influence dans la production de ces phénomènes, qu'elle est due à d'autres rayons *désoxigénans* qui par conséquent sont mêlés avec les colorifiques, et dont l'action augmente avec leur réfrangibilité. Nous verrons par la suite que la lumière solaire contient encore une troisième espèce de rayons différens des deux autres par leur nature et leurs effets.

[*Trois propriétés particulières de la lumière.*] 16. Ces propriétés de la lumière, autant qu'elles ont pu être examinées, suffisent pour nous la faire considérer comme un corps, et comme possédant beaucoup de qualités communes avec d'autres corps; elle est attirée par eux, et se combine avec eux précisément de la même manière qu'un autre corps; mais ce qui distingue la lumière de toutes les autres substances jusqu'à présent décrites, ce sont les trois propriétés particulières dont elle jouit et qui leur manquent. La première de ces propriétés, est le pouvoir qu'elle a d'exciter en nous la sensation de la vision par l'action immédiate qu'exercent sur l'organe de la vue ses rayons envoyés par les objets. Les phénomènes des couleurs, et du spectre prismatique, nous indiquent bien l'existence de sept espèces différentes de lumière, mais à quoi peut être due cette variation d'espèces? Quelles sont les parties composantes de

chacune d'elles ? C'est ce que nous ignorons encore totalement.

La seconde propriété particulière de la lumière, est la vîtesse prodigieuse avec laquelle elle se meut toutes les fois qu'elle est séparée d'un corps quelconque avec lequel elle étoit combinée. Cette vîtesse, qui est d'environ 32000 myriam. par seconde, elle l'acquiert dans un instant, et semble l'acquérir de même dans tous les cas, quel que soit le corps dont elle se sépare.

La troisième propriété de la lumière, et qui n'est pas la moins remarquable, est celle de la situation de ses molécules : on ne les a jamais trouvées dans un état de cohésion capable de produire des masses d'une dimension perceptible quelconque. On ne peut expliquer cette différence, entre la lumière et les autres corps, qu'en supposant qu'il existe entre ses molécules une force de répulsion qui les éloigne, lorsque celles des autres corps sont réunies par une force d'attraction qui les fait cohérer ensemble et se former ainsi en masses plus ou moins considérables.

[*Sources de la lumière.*] 17. Il ne nous reste plus à parler que des divers moyens de se procurer la lumière, ou, pour s'exprimer plus correctement, des différentes sources d'où elle peut être émise sous forme visible. Elles sont au nombre de quatre : 1°. le soleil et les étoiles ;

2°. la combution ; 3°. la chaleur ; 4°. la percussion.

[1. *Le soleil.*] On désigne vulgairement la lumière qui nous vient du soleil par les dénominations de *clarté du soleil* et de *lumière du jour*. La lumière des étoiles possède, ainsi qu'on s'en est assuré, les mêmes propriétés. Quant à la cause qui produit cette émission de lumière du soleil et des étoiles, cette question sera probablement à jamais l'écueil de l'entendement humain. On ne peut, en tout cas, la considérer comme ayant un rapport direct avec la science de la chimie.

[2. *La combustion.*] 18. Dans tout cas de combustion il y a émission de lumière ; mais la combustion, au moins en ce qui concerne les corps combustibles simples, et les métaux, n'est autre chose que l'acte de la combinaison du combustible avec l'oxigène; donc la lumière produite pendant la combustion, existoit nécessairement auparavant, combinée, soit avec ce combustible, soit avec l'oxigène ; mais nous reviendrons sur ce sujet dans le chapitre suivant, en y considérant particulièrement la nature de la combustion.

[3. *La chaleur.*] 19. Lorsqu'on applique la chaleur aux corps, en l'augmentant continuellement il est une certaine élévation de tempé-

rature à laquelle, lorsqu'ils y sont parvenus, ils deviennent lumineux. Ce phénomène est tellement familier, et si bien connu, qu'on n'y fait que très-peu d'attention. On appelle dans le langage ordinaire, *chauffé au rouge*, le corps qui, tenu dans le feu, y devient lumineux, et il paroît résulter des expériences faites à ce sujet que tous les corps capables de supporter, sans que leur décomposition ou leur volatilisation ait lieu, le degré de feu nécessaire pour les amener à l'état de chauffés au rouge, commencent à émettre la lumière précisément à la même température. Isaac Newton trouva le premier, par une suite d'expériences très-ingénieuses, qui furent publiées en 1701, que le fer est visible dans l'obscurité, lorsqu'il est chauffé à 335°. centigr., qu'il luit fortement à la température de 400°. centigr.; qu'à celle de 473°.33 centigr. il est lumineux dans le crépuscule immédiatement après le coucher du soleil, et que lorsqu'il luit, même au grand jour, sa température doit être d'environ 537°.77 centigr. Il paroît, d'après les expériences de Muschenbroeck et autres, que c'est à la température d'environ 426°.66 centigr. que commence ce qu'on appelle ordinairement une *chaleur rouge*.

Un corps chauffé au rouge continue de luire pendant quelque tems après qu'il a été

retiré du feu et placé dans l'obscurité, sans qu'alors l'accession constante, ou de la lumière, ou de la chaleur, soit nécessaire; mais si, sur ce corps chauffé au rouge, on fait passer un fort courant d'air, il cesse immédiatement de luire (1). Ainsi cet effet a lieu dès le moment où la température du corps est abaissée d'un certain nombre de degrés.

Toutes les fois qu'un corps atteint la température convenable pour être rendu lumineux, il le devient indépendamment de tout contact de l'air, car on met un morceau de fil de fer à l'état de chauffé au rouge, en le plongeant dans du plomb fondu (2).

Une exception remarquable à cette loi générale, c'est qu'il ne paroît pas que les gaz deviennent lumineux, même à une température beaucoup plus élevée.

[4. *La percussion.*] 20. La dernière des sources de la lumière est la *percussion*. On sait qu'en frappant rapidement l'un contre l'autre, le caillou et l'acier, il se produit une étincelle capable de mettre le feu à de l'amadou ou à de la poudre à canon. Cette étincelle, ainsi que l'a observé depuis longtems le docteur Hoock, est

(1) T. Wedgewood, Phil. Trans. 1792.
(2) *Ibid.*

une particule séparée du fer qui prend feu dans son passage à travers l'air. Dans cette circonstance, ainsi que dans toutes celles semblables, c'est bien un cas de combustion ; mais il n'en est pas de même de l'apparence de lumière qui se manifeste souvent par le choc de deux corps que nous savons être l'un et l'autre incombustibles. Ainsi, par exemple, il y a étincelle produite et émission de lumière, lorsqu'on frappe ou qu'on frotte rapidement, l'une contre l'autre, deux pierres quartzeuses ; cet effet a également lieu sous l'eau, et beaucoup d'autres pierres dures donnent des étincelles dans les mêmes circonstances.

Si par la collision de ces pierres, on fait jaillir beaucoup d'étincelles au-dessus d'une feuille de papier blanc, on y trouve une certaine quantité de corpuscules noirs, semblables à des œufs de mouches. Ces petits corps sont durs, mais friables ; lorsqu'ils sont froissés sur le papier ils y laissent une trace noire ; vus au microscope, ils semblent avoir été fondus. L'acide muriatique change leur couleur en vert comme cela a lieu à l'égard des laves (1). Ces corpuscules chauffés au rouge produisent évidemment des étincelles. Lamanon suppose que ce sont des molécules de

(1) Lamanon, Journ. de phys. 1785.

quartz combinées avec l'oxigène, et que dans ce cas, le phénomène est absolument semblable à celui produit par la collision du caillou et de l'acier. On ne peut révoquer en doute que ces corpuscules ne soient des particules de quartz, mais la supposition qu'elles sont en état de combinaison avec l'oxigène est contraire à toutes les expériences; car on n'a jamais reconnu dans ces espèces de pierres aucune disposition à s'unir à ce principe, même en les exposant à la plus violente chaleur. Les expériences faites par Lamétherie pour vérifier l'opinion de Lamanon, ont toutes prouvé qu'elle n'étoit pas fondée, et Monge s'est assuré que les petits corps décrits par Lamanon, étoient des fragmens de cristal pur, sans altération, enduits d'une poussière noire; il en conclut que ces fragmens détachés du quartz, se trouvant élevés par le choc à une très-haute température, deviennent capables de brûler, dans leur passage dans l'atmosphère, les corpuscules de matière combustible qui y sont suspendus (1). La production de l'étincelle par le choc, est accompagnée d'une odeur très-particulière qui a de l'analogie avec celle du soufre, ou plutôt de la poudre à canon, qui brûlent.

(1) Ann. de chim. XVI. 206.

CHAPITRE II.

Du calorique.

[*Définition.*] Rien n'est plus familier pour nous que la *chaleur*, il seroit donc inutile de chercher à la définir. Lorsqu'on dit d'une personne *qu'elle a chaud*, d'une pierre *qu'elle est chaude*, cette manière de s'exprimer s'entend sans difficulté : elle présente cependant, pour chacune de ces circonstances, un sens différent. Dans la première, elle signifie la *sensation* de la chaleur, et dans l'autre la *cause* de cette sensation. Cette ambiguité, qui est de peu de conséquence dans le langage ordinaire, apporte une confusion et une perplexité inévitables dans les discussions philosophiques. C'est pour faire disparoître ces inconvéniens que les chimistes modernes ont adopté le mot *calorique* pour désigner la *cause de la chaleur*. Lorsque je pose la main sur une pierre chaude, j'éprouve une certaine sensation que j'appelle *sensation de la chaleur*. La cause de cette sensation est le *calorique*.

L'étude des phénomènes du calorique est ce qu'il y a de plus difficile, et de plus intéressant

en chimie. Elle a singulièrement contribué à l'avancement de la science ; l'examen de ces phénomènes mérite une attention d'autant plus particulière qu'ils se rapportent à quelques-unes de ces parties de la chimie, qui sont encore excessivement obscures, et qu'ils ont donné lieu aux discussions les plus importantes. Pour en traiter avec quelqu'étendue, je diviserai ce chapitre en six sections ; dans la première, je considérerai la nature du calorique ; dans la deuxième, sa propagation dans les corps ; dans la troisième, la manière dont il y est distribué ; dans la quatrième, les effets qu'ils en éprouvent; dans la cinquième, la quantité qu'ils en contiennent, et dans la sixième, les différentes sources dont on l'obtient.

SECTION PREMIÈRE.

Nature du calorique.

Les philosophes sont divisés d'opinion sur la nature du calorique. Les uns le considèrent comme n'étant, ainsi que la pesanteur, qu'une propriété de la matière qui consiste dans un mouvement particulier de ses molécules. Suivant d'autres, au contraire, c'est une substance

distincte ; on a produit à l'appui de chacune de ces opinions des argumens également forts et plausibles ; cependant à mesure que les connoissances dans cette partie de la science se sont perfectionnées, la dernière de ces opinions étoit devenue de plus en plus probable, lorsqu'une découverte récemment faite par le docteur Herschell, a pour ainsi dire, mis fin à la dispute, en prouvant que le calorique est une substance particulière, ou du moins qu'on a, pour le considérer comme telle, les mêmes raisons qui font regarder la lumière comme une matière réelle.

[*Découverte des rayons du calorique.*] 1. Le docteur Herschell s'occupant des moyens d'observer le soleil avec des télescopes, de manière à éviter l'inconvénient de la chaleur, se servoit à cet effet de verres diversement colorés. Il s'apperçut que certains de ces verres, dont la couleur étoit assez intense pour intercepter la lumière, éclatoient et se brisoient très-promptement. Cette circonstance le porta à examiner la faculté chauffante des divers rayons colorés ; il fit tomber successivement chacun d'eux, l'un après l'autre, sur la boule d'un thermomètre près duquel il en avoit placé deux autres pour servir de terme de comparaison : il trouva que cette faculté est la plus foible dans les rayons les plus réfrangibles, et qu'elle augmente par

degrés à mesure que la réfrangibilité diminue. Ainsi c'est le rayon violet dont la faculté chauffante est la plus petite, et c'est dans le rayon rouge qu'elle est la plus grande ; Herschell reconnut en outre, que la faculté calorifique des rayons, violet, vert, et rouge, étoit entre eux dans le rapport suivant.

Violet = 16
Vert = 22.4
Rouge = 55

Ce qui, dans le cours de ses expériences, frappa le docteur Herschell comme un fait remarquable, c'est la différence qu'il trouva exister dans les lois que suivent les rayons du spectre, relativement à leur force éclairante et à leur faculté calorifique. C'est dans le milieu du spectre que réside le maximum de clarté, qui décroît ensuite, de ce milieu vers l'une ou l'autre extrémité; tandis que la faculté calorifique augmente continuellement, à partir du rayon violet qui termine le spectre d'un côté, jusqu'au rayon rouge qui en forme l'autre extrémité, où cette faculté a le plus d'énergie. Cette circonstance fit soupçonner au célèbre astronome, que la faculté d'échauffer n'avoit peut-être pas pour limites l'extrémité visible du spectre, mais qu'elle continuoit encore au-delà.

Il plaça, en conséquence, son thermomètre complètement en dehors du rayon rouge, mais toujours dans la ligne du spectre prismatique, et il s'éleva plus haut que lorsqu'il étoit exposé au rayon rouge. En éloignant encore le thermomètre, il continua de monter, et il ne parvint à son *maximum* d'élévation qu'à la distance d'environ 12.7 millim. en dehors de la dernière limite des rayons rouges. En plaçant le thermomètre au-delà, il descendoit un peu, mais la faculté calorifique étoit encore sensible à la distance de plus de 38 millim. en dehors du rayon rouge.

Ces importantes expériences ont été dernièrement répétées par sir Henri Englefield (1), en présence de juges très-éclairés, et les résultats en ont été pleinement confirmés. Il avoit adopté pour ces expériences un appareil absolument différent de celui dont Herschell s'étoit servi, afin de prévenir les objections qui avoient été faites contre les conclusions de cet illustre savant. Les boules des thermomètres avoient été le plus souvent noircies; la table qui suit présente les résultats obtenus dans l'une de ces expériences.

(1) Journal de l'institution royale. I. 202.

	Minutes.	Centigrades.
Le thermomètre, dans le rayon bleu, monta en	3.	de 12°.78 à 13.33
Dans le rayon vert, en . . .	3.	de 12.22 à 14.44
Dans le jaune, en	3.	de 13.33 à 16.67
Dans le rouge plein, en	2.5	de 13.33 à 22.22
Dans les limites du rouge, en.	2.5	de 14.44 à 23. 4
Au-delà de la lumière visible, en	2.5	de 16.11 à 26.11

Le thermomètre dont la boule avoit été noircie, montoit beaucoup plus haut, lorsqu'il étoit placé dans les mêmes circonstances, que celui dont la boule étoit nue ou avoit été blanchie. C'est ce qu'on

RAYON.	THERMOMÈTRE.	TEMS.	TEMPÉRATURE.
			Centigrades.
Rouge.	Noirci.	3′	de 14°.44 à 16°.11
	Blanchi.		de 12.78 à 14.44
Foncé.	Noirci.	3	de 15... à 17.78
	Blanchi.		de 14.44 à 14.72
Limites du rouge.	Noirci.	3	de 15... à 21.67
	Blanchi.		de 14.16 à 15.84

Le docteur Herschell et sir Henri Englefield ont aussi observé l'un et l'autre, que la réunion, par le moyen d'une lentille, des rayons qui dépassent l'extrémité rouge du spectre, produisoit une image visible d'une teinte rouge pâle de forme demi-ovale.

Il résulte de ces expériences que, des rayons émis par le soleil, il y en a qui produisent de la chaleur sans aucune faculté d'illuminer, et que ces rayons sont ceux qui produisent la

plus grande quantité de chaleur ; conséquemment le *calorique* émane du soleil en rayons, et les rayons du calorique ne sont pas les mêmes que les rayons de la lumière.

Le docteur Herschell répéta sur l'autre extrémité du spectre, les essais qu'il avoit faits sur celle qui est terminée par le rayon rouge, et il s'assura qu'en dehors du rayon violet, on n'en découvre aucun qui ait la faculté d'échauffer. Il avoit cependant reconnu, ainsi que Sennebier avant lui, que tous les rayons colorés du spectre jouissoient de cette faculté ; il falloit donc, ou qu'ils la possédassent comme rayons de lumière, ou qu'elle résultât du mélange des rayons de lumière avec les rayons calorifiques. Si c'étoit comme rayons de lumière seulement qu'ils échauffoient, la lumière devroit produire de la chaleur dans tous les cas ; mais il est connu depuis longtems des physiciens, que la *lumière* de la *lune* ne donne pas la moindre chaleur sensible, lors-même qu'elle est concentrée de manière à surpasser en illumination la lumière la plus forte des bougies ou lampes, qui produit cependant une chaleur très-marquée. Il y a donc des rayons de lumière qui, quoique composés de tous les rayons colorés prismatiques, n'ont pas la faculté d'échauffer. On en doit conclure que cette faculté n'appartient pas

aux rayons de la lumière, et que les rayons colorés du soleil et des corps combustibles, ne la possèdent que parce qu'ils consistent dans un mélange de rayons de lumière et de rayons calorifiques. Le docteur Hooke (1) avoit démontré, il y a longtems, la vérité de ce fait; et Schéele (2) parvint depuis à séparer les uns des autres les rayons de ces deux espèces par un moyen très-simple. Si l'on présente au feu deux miroirs, l'un de verre et l'autre métallique, celui de verre ne réfléchit que les rayons de lumière seulement; tandis que le miroir métallique réfléchit à la fois ceux de la lumière et du calorique. Le miroir de verre s'échauffe, et la température de celui métallique ne change point; si l'on interpose soudainement une lame de verre entre un feu ardent et le visage, elle intercepte complètement le pouvoir chauffant du feu sans rien diminuer de son éclat, et par conséquent le verre retient engagé dans son intérieur les rayons calorifiques, en ne laissant passer que ceux de la lumière. Si l'on tient le verre dans cette position, jusqu'à ce que sa température se soit élevée au maximum, il

(1) Histoire de la Société royale de Birche. IV. 137.

(2) *Sur le Feu*, p. 70, édit. anglaise.

cesse alors d'intercepter les rayons calorifiques et les transmet aussi facilement que ceux de la lumière. Le docteur Robison, professeur à l'université d'Edimbourg, avoit fait il y a longtems cette importante remarque, que le verre retient les rayons calorifiques qui le pénètrent et en élèvent la température, jusqu'à ce qu'il en soit saturé.

Ces faits suffisent pour nous convaincre que les rayons lumineux diffèrent de ceux calorifiques, et que la faculté d'échauffer qu'ont les rayons colorés, est due aux rayons calorifiques qu'ils contiennent. Il paroîtroit ainsi que la lumière solaire se compose de rayons de trois natures diverses : les colorifiques, les calorifiques et les désoxigénans.

[*Réfractés.*] 2. Les rayons du calorique sont susceptibles d'être réfractés par les corps transparens, comme le sont les rayons lumineux. Nous voyons aussi qu'ils diffèrent, ainsi que ces derniers, dans leur réfrangibilité. Elle est dans quelques-uns la même que celle des rayons violets ; mais dans le plus grand nombre, elle est moindre que celle des rayons rouges. On ne s'est pas assuré si les rayons du calorique sont transmis à travers tous les corps transparens, on n'a pas non plus examiné quelle pouvoit être la différence de leur réfraction dans des

milieux différens. Nous sommes certains cependant qu'ils sont transmis et réfractés par tous les corps transparens qui ont été employés comme lentilles. Le docteur Herschell a prouvé aussi, par expériences, que ce ne sont pas seulement les rayons calorifiques émanés du soleil qui sont réfrangibles ; mais que ceux émis par les feux ordinaires, les bougies, le fer rouge, et même l'eau chaude, le sont également.

[*Réfléchis.*] 3. Les rayons du calorique sont réfléchis par les surfaces polies suivant les mêmes lois que les rayons de la lumière. C'est ce que le docteur Herschell a dernièrement prouvé ; mais Schéele l'avoit démontré longtems avant lui, et il s'étoit de plus assuré qu'à l'égard des rayons du calorique, de même que pour ceux de la lumière, l'angle de réflexion est égal à celui d'incidence. M. Pictet a fait aussi en 1790 sur ce sujet des expériences très-ingénieuses, dont les résultats le portèrent à tirer les mêmes conclusions (1).

Il plaça vis-à-vis l'un de l'autre, à environ 4 mètres de distance, deux miroirs concaves d'étain, de 324 millimètres de diamètre, et d'une courbure sphérique de 243 millimètres de rayon.

(1) M. King avoit fait, en 1785, une suite semblable d'expériences. *Voy. His morsels of criticism, vol. ist.*

Au foyer de l'un de ces miroirs, il mit un thermomètre de mercure à boule isolée, et au foyer de l'autre, un boulet de fer d'environ 54 millimètres de diamètre, chauffé seulement au point de n'être pas lumineux ou visible dans l'obscurité. La présence de ce boulet fit monter en six minutes d'environ 13° centigr. le thermomètre placé au foyer de l'autre miroir. Une bougie allumée, qu'on avoit substituée au boulet de fer, produisit à-peu-près le même effet; mais dans le premier cas, il n'y avoit eu que chaleur pure sans lumière, et dans celui-ci, l'action de la bougie avoit produit et chaleur et lumière. Pictet essaya de séparer ces deux causes. A cet effet, il interposa entre les deux miroirs, au milieu de leur intervalle, un carreau de verre bien transparent; et le thermomètre, qui par la présence d'une bougie allumée, placée à l'un des foyers, étoit monté d'environ 12°.5 centigr., descendit, après l'interposition du verre, et dans l'intervalle de 9 minutes, d'environ 7°.88 centigr., ou de plus de moitié de la quantité dont il s'étoit élevé. En retirant le carreau de verre, le thermomètre monta de nouveau en sept minutes, à environ 13°.88 centigr. Cependant la lumière réfléchie sur le thermomètre ne paroissoit pas sensiblement diminuée par la présence du verre. M. Pictet crut devoir conclure de ces expé-

riences que le calorique avoit été réfléchi par le miroir au foyer duquel avoit été placé le boulet de fer, ou la bougie allumée, et que cette réflexion avoit produit l'élévation du thermomètre au foyer du miroir opposé. Il substitua dans une autre expérience, au boulet de fer, un matras de verre à-peu-près du même diamètre, contenant environ 73 grammes d'eau bouillante. On avoit mis entre les miroirs, qui étoient à environ 3400 millimètres de distance, un écran d'une étoffe épaisse de soie; deux minutes après qu'il eût été retiré, le thermomètre monta de 8°.33 à 10°.07 centigr., et il redescendit dès l'instant où l'on enleva le matras du foyer du miroir.

Les miroirs d'étain furent placés à la distance de 1350 millim. On mit le matras d'eau bouillante au foyer de l'un, et à celui de l'autre un thermomètre d'air très-sensible, dont chaque degré étoit égal à 0.05 environ du degré du thermomètre centigrade. Exactement au milieu de l'espace, entre les deux miroirs, on interposa une glace de miroir, étamée, très-mince, posée verticalement, et de manière qu'on pût lui faire présenter à volonté vers le matras sa surface polie et brillante, ou celle du blanc mat de son étamage. Lorsque le côté poli du miroir étoit tourné vers le matras, l'ascension moyenne du

thermomètre d'air fut seulement de 0°.5 ; mais lorsque le côté terne, ou la surface étamée du miroir fit face au matras, l'élévation moyenne du thermomètre fut de 3°.5. On noircit alors avec de l'encre de la Chine et un peu de noir de fumée la surface étamée du miroir. Le côté poli du miroir étant tourné vers le matras, l'élévation du thermomètre fut de 3°. ; et de 9°.2, lorsque c'étoit la surface étamée noircie. On enleva alors tout l'étamage de la glace, et l'expérience fut répétée. Le côté noir étant tourné vers le matras, l'ascension du thermomètre fut d'environ 18° centigrades. En substituant à la glace un carton blanc des mêmes dimensions, le thermomètre monta de 10° (1).

[*Vélocité des rayons calorifiques.*] 4. Tous les phénomènes relatifs aux rayons du calorique concourent à prouver qu'ils se meuvent avec une vîtesse très-grande, mais qui n'a pas été déterminée d'une manière satisfaisante. On peut conclure des expériences de M. Leslie, que cette rapidité de mouvement est la même que celle du son, et d'après celles qui suivent, de M. Pictet, elle paroît devoir être très-considérable.

(1) Pictet, *sur le Feu*, chap. 3.

Il disposa deux miroirs concaves à la distance d'environ 23 mètres l'un de l'autre. Celui au foyer duquel il plaça le boulet de fer chaud, étoit l'un des miroirs d'étain dont il s'étoit déja servi; l'autre étoit un miroir de plâtre doré, de 486 millimètres de diamètre et de 405 millim. de foyer. Ce fut au foyer de celui-ci qu'il mit le thermomètre d'air.

A environ 100 millim. au-delà du foyer du miroir d'étain, il plaça un écran de soie très-épais. dès que le boulet de fer, chauffé au-dessous du degré où il seroit lumineux dans l'obscurité, eût été placé au foyer de ce miroir, dans la cage de fil de fer destinée à le recevoir, on enleva l'écran, et le thermomètre monta à l'instant même, sans qu'il fut possible d'apprécier l'intervalle de tems que le calorique avoit mis à parcourir la distance des 23 mètres (1).

[*Dimension des molécules du calorique.*] 5. La vîtesse du calorique étant très-grande, ses molécules doivent être excessivement petites; ainsi, l'addition ou la soustraction du calorique, ne peut affecter les corps, relativement à leur poids, d'une manière sensible. Comme c'est

(1) *Voyez* une dissertation sur ce sujet dans le Phil. Mag. XIX. 309.

la conséquence qui résulte nécessairement des expériences d'Herschell, on ne pourroit prouver par expérience que le calorique affecte le poids des corps, sans renverser la théorie fondée sur ses découvertes. Une semblable conclusion cependant, se déduit des expériences de Deluc (1), Fordyce (2), Morveau (3) et Chaussier (4). Suivant ces philosophes, les corps deviennent absolument plus légers lorsqu'ils sont chauffés. L'expérience de Fordyce, dans laquelle il semble avoir apporté la plus grande exactitude, avoit été faite de la manière suivante.

Il prit un globe de verre de 76 millim. de diamètre, à col très-court, pesant 29.198 gram. Il y mit 110 gram. d'eau de rivière, et le scella bien hermétiquement. Le tout pesoit 139.251 gram. à la température de zéro. Il plaça ce globe pendant 20 minutes dans un mélange réfrigérant de neige et de sel, jusqu'à ce qu'il y eut de l'eau gelée. Alors après l'avoir essuyé avec un linge bien sec, puis avec un morceau de peau bien lavé et séché, on le pesa de suite. Il se trouva être de 1.08 milligrammes plus lourd qu'aupara-

(1) *Sur les Modifications de l'atmosphère.*
(2) Phil. Trans. 1785, part. 2.
(3) Jour. de phys. 1785. oct.
(4) Jour. des savans. 1785, p. 493.

vant. Cette expérience fut répétée 5 fois, exactement de la même manière. A chaque fois il y avoit plus d'eau gelée et plus d'augmentation de poids, et cette augmentation s'éleva jusqu'à 12.14 milligram., lorsque la totalité de l'eau fut glacée. Un thermomètre appliqué au globe s'arrêta à 12°.22 centigr. au dessous de zéro. En laissant revenir le globe à la température de zéro, il pesoit encore 8.11 milligram. de plus que lorsqu'à la même température, l'eau qu'il contenoit étoit fluide. La balance dont on s'étoit servi dans ces expériences trébuchoit à 0.000065 de gramme.

Ce sujet avoit attiré l'attention de Lavoisier, chimiste distingué par l'exactitude peu commune qu'il mettoit dans ses recherches. Il résulte de ses expériences, qui furent publiées dans les Mémoires de l'Académie pour 1783, que le poids des corps n'est point altéré par leur échauffement, ou leur refroidissement, et que par conséquent le calorique ne produit aucun changement sensible sur le poids des corps. Les expériences que fit le comte de Rumford en 1797, et qui avoient pour but le même objet, sont entièrement décisives. Il répéta celle de Fordyce avec les précautions les plus scrupuleuses; et à l'aide de plusieurs appareils des plus ingénieux, il parvint à démontrer que l'addition ou la soustraction

du calorique n'influoient d'aucune manière sensible sur le poids des corps (1).

6. Le calorique a encore de l'analogie avec la lumière, par une autre propriété qui n'est pas moins singulière. On ne trouve jamais ses molécules cohérentes ensemble en masses; et toutes les fois qu'elles sont accumulées par quelque moyen de force, elles s'échappent dans toutes les directions, et se séparent les unes des autres avec une inconcevable rapidité. Cette propriété suppose nécessairement l'existence d'une force de répulsion entre les molécules du calorique.

Il paroît donc que le calorique et la lumière se ressemblent dans un grand nombre de propriétés. Ils sont l'un et l'autre, émis du soleil en rayons, avec une vîtesse de plus de 32000 myriam. par seconde. Ils sont l'un et l'autre réfractés par les corps transparens, et réfléchis par les surfaces polies. Ils consistent l'un et l'autre dans des molécules qui se repoussent mutuellement, et qui ne produisent aucun effet sensible sur le poids d'autres corps. Ils diffèrent, cependant, en ce que la lumière nous cause la sensation de la vision, et le calorique, celle de la chaleur.

(1) Phil. Trans. 1799, 179.

Nous croyons pouvoir conclure de tous les faits qui viennent d'être exposés, que la lumière solaire est composée de trois substances distinctes, séparables en quelque sorte par le prisme, à raison de leurs différences de réfrangibilité. Les rayons *calorifiques* sont les moins réfrangibles, les rayons *désoxigénans* le sont le plus, et les rayons *colorifiques* sont d'une réfrangibilité moyenne entre celles des deux autres espèces. Il s'ensuit encore, que c'est dans le milieu du spectre que réside le maximum d'illumination des rayons; qu'en dehors de son extrémité rouge, est leur faculté d'échauffer la plus grande, et leur pouvoir désoxigénant le plus énergique au-delà du rayon violet. La faculté chauffante, d'une part, et le pouvoir désoxigénant, de l'autre, augmentent par degrés à mesure que les rayons se rapprochent de celle des extrémités du spectre où le maximum de chacune de ces forces est concentré. Ces différentes espèces de rayons se ressemblent par un si grand nombre de particularités que ce qu'on a dit, relativement à leur réfrangibilité et à leur réflexibilité etc., peut s'appliquer à toutes les autres propriétés; mais leur action produit sur les corps des effets divers qui ne sont pas encore bien connus.

SECTION II.

Du mouvement du calorique.

On voit, par ce qui vient d'être dit sur la nature du calorique, qu'il est, ainsi que la lumière, capable d'être rayonné dans tous les sens des surfaces des corps, et que dans cet état de radiation il se meut avec une vîtesse considérable. Comme la lumière aussi, le calorique est susceptible d'être absorbé par les corps dont il frappe les surfaces, et lorsqu'il y est ainsi entré, il peut s'y frayer une route ; mais, dans ce cas, son mouvement est comparativement plus lent. Le calorique a donc deux modes très-différens de mouvement : 1°. lorsqu'il s'échappe des surfaces des corps ; 2°. lorsqu'il est *conduit* dans les corps, ou qu'il les traverse. Il nous semble convenable de considérer séparément chacun de ces deux modes.

1°. *Mouvement du calorique lorsqu'il s'échappe des surfaces des corps.*

Lorsque des corps chauffés artificiellement sont exposés à l'air, ils commencent immédia-

tement à émettre le calorique, et continuent ainsi jusqu'à ce que leur température se soit, à-peu-près, mise en équilibre avec celle de l'atmosphère environnante. On sait, que dans cette circonstance, le refroidissement s'opère plus ou moins rapidement dans des substances différentes ; mais, jusqu'à ces derniers tems, on n'avoit pas soupçonné, que la surface du corps chaud dût influer sur l'accélération, ou le retardement de son refroidissement. Nous sommes redevables de cette curieuse et importante partie de la doctrine du calorique, à la sagacité de M. Leslie, qui l'a déja portée à un haut degré de perfection. Son traité intitulé : *Recherches sur la nature de la chaleur*, publié en 1804, renferme un grand nombre d'expériences et de vues originales sur ce sujet. Il est remarquable, que peu de semaines après la publication de cet ouvrage, M. le comte de Rumford fit insérer dans les Transactions Philosophiques une dissertation sur le même sujet, contenant des expériences semblables. On y reconnoît l'esprit et l'heureux talent du comte ; mais M. Leslie nous ayant informé que ses expériences avoient été faites en 1801, et l'ouvrage où il les rapporte ayant paru le premier, nous pensons qu'on doit à juste titre lui en attribuer la priorité.

[*Effet de la surface des corps sur leur refroidissement.*] 1. M. Leslie ayant rempli d'eau chaude un globe d'étain de 108 millim. de diamètre, à col étroit, applani au marteau, et à surface brillante; il le plaça sur un support léger dans une chambre chaude où il n'y avoit pas de feu. Il y introduisit alors un thermomètre, qui en 156 minutes, descendit à la moitié de la distance entre la température initiale de l'eau et celle de la chambre. M. Leslie répéta cette expérience, mais après avoir enduit d'une légère couche de noir de fumée la surface du globe d'étain, et dans ce cas, toutes les autres circonstances étant les mêmes, le thermomètre ne mit que 81 minutes à s'abaisser du même nombre de degrés que dans l'expérience précédente (1). Ainsi la seule différence de la surface noircie en produisit une de près de moitié dans la durée du tems d'un refroidissement égal : et rien ne prouve davantage combien cet effet dépend de l'état de la surface du corps chaud.

Le comte de Rumford remplit d'eau chaude à la même température, deux vases cylindriques de laiton mince, semblables dans leur forme

(1) Leslie, *Recherches sur la nature de la chaleur*, p. 268.

et leurs dimensions. La surface de l'un de ces vases étoit nue ; celle de l'autre étoit garnie d'une enveloppe de batiste fine d'Irlande qui s'y appliquoit très-exactement. Le thermomètre placé dans le vase à surface nue, employa 55 minutes à descendre de 5°.55 centigr. , et celui introduit dans le vase revêtu de toile perdit la même quantité de chaleur en 36.5 minutes (1). Dans cette expérience, l'enveloppe de batiste produisit le même effet que le noir de fumée dans celle de Leslie. La même accélération de refroidissement eut lieu, en substituant successivement à l'enveloppe de toile, des enduits de colle, de noir de fumée, et de blanc délayé dans de la colle d'amidon, ou en noircissant toute la surface métallique en la promenant au-dessus d'une bougie allumée. Dans tous ces cas, la présence de l'enveloppe facilite donc la sortie de la chaleur hors du corps auquel elle est appliquée, au lieu de lui présenter un obstacle, comme on auroit pu s'y attendre.

[*Effet du refroidissement le plus grand dans un air tranquille.*] 2. L'accélération du refroidissement occasionné par la présence des différentes substances dont on enveloppe le vase qui contient l'eau chaude, est la plus

(1) Journ. de Nicholson. IX. 60.

considérable, lorsque l'air de la chambre où les expériences se font, est parfaitement tranquille; elle diminue si on opère en plein air, et disparoît presqu'entièrement, par l'action d'un grand vent. Ainsi, en mettant ensemble en expérience, deux boules d'étain remplies d'eau chaude, l'une à surface nue, l'autre enduite de noir de fumée, et en les exposant à des airs de divers degrés d'agitation, M. Leslie trouva qu'ils perdoient la moitié de leur chaleur dans les tems suivans.

	Globe à surface nue.	Globe à surface noircie.
Dans un vent modéré, ...	en 44′	en 35′
Dans une brise assez forte, . . .	23′	20′25
Dans un vent violent, ...	9′5	9′

Il est donc aisé de se convaincre que l'effet de l'accélération du refroidissement produit par le noir de fumée, ne peut être dû au pouvoir quelconque qu'auroit cette substance d'être *conductrice* de la chaleur, et de la communiquer à l'air; mais qu'il résulte, de la propriété qu'elle a de rayonner plus puissamment le calorique que les corps métalliques à surface brillante.

En plaçant une boîte d'étain de forme cubique et de grande dimension, à la distance de 648 millimètres d'un miroir concave d'étain à

surface bien polie, au foyer duquel est un thermomètre très-sensible, ce thermomètre éprouve une élévation d'un certain nombre de degrés; et si l'on enduit de noir de fumée la surface de la boîte, il monte beaucoup plus haut. Mais, comme l'élévation du thermomètre est en quelque sorte la mesure du rayonnement du calorique, on en peut conclure qu'il est plus considérable par le noir de fumée, que par le métal brillant. Un thermomètre ordinaire ne pourroit convenir pour ces expériences, parce qu'il est affecté par tout changement de température dans la chambre où elles se font. Mais M. Leslie en a inventé un qui offre toute la précision nécessaire pour de semblables effets, et auquel il a donné le nom de *thermomètre différentiel*. M. le comte de Rumford l'a également employé dans ses recherches.

[*Thermomètre différentiel.*] Ce thermomètre consiste dans un petit tube de verre recourbé, ayant à-peu-près la forme de la lettre U, et terminé à ses extrémités, par deux boules creuses de verre, à-peu-près égales. Le tube contient de l'acide sulfurique teint en rouge avec du carmin, en quantité suffisante pour en remplir la plus grande partie. Les boules de verre sont pleines d'air et communiquent immédiatement l'une et l'autre avec le tube. A l'une des branches

ascendantes du tube est fixée une petite échelle d'ivoire, divisée en 100 degrés, et la quantité d'acide sulfurique mise dans le tube, est telle, que sur la branche ainsi graduée, sa surface supérieure, lorsque ce liquide est en repos, correspond au zéro de l'échelle. La boule qui termine l'extrémité de la branche ascendante du tube qui ne porte point d'échelle, s'appelle, pour la distinguer, la *boule focale*. Supposons actuellement que ce thermomètre soit placé dans une chambre chaude : la chaleur agira également sur l'une et l'autre boule, et le degré d'expansion qu'éprouvera l'air qui y est renfermé étant le même, le liquide restera stationnaire dans le tube ; mais si la boule focale est exposée à la chaleur, l'autre ne l'étant pas, l'air qu'elle contient se dilatera, tandis que celui de la boule opposée n'éprouvera aucun changement. L'air de la boule focale pressera donc davantage sur le liquide qui est dans le tube, le chassera vers la boule froide, et le fera, par conséquent, monter au-dessus du zéro de l'échelle, dans la branche du tube sur laquelle elle est placée ; et cette ascension sera proportionnelle au degré de chaleur appliquée à la boule focale. Ce thermomètre est donc spécialement propre à indiquer le degré de chaleur accumulée dans un point particulier, lorsque l'air environnant n'est que

légèrement affecté, comme cela arrive au foyer d'un miroir réfléchissant. Aucun changement de température, dans la chambre où l'instrument est gardé, n'est indiqué par lui, tandis qu'il en annonce immédiatement la plus légère altération dans le point où est placée la boule focale.

Dans ses expériences sur le rayonnement du calorique, M. Leslie employoit des vases creux d'étain, de forme cubique, et de différentes dimensions, depuis 81 jusqu'à 270 millimètres de côté, il les plaçoit, après les avoir remplis d'eau chaude, sur des supports, en face, et dans l'axe, d'un réflecteur au foyer duquel étoit son thermomètre différentiel. Le réflecteur étoit un miroir de fer-blanc étamé très-brillant, d'environ 378 millimètres de diamètre et de forme parabolique. Avec cet appareil, M. Leslie reconnoissoit les effets des différentes substances pour le rayonnement du calorique, en recouvrant, ou enduisant de ces substances, la surface de la boîte d'étain remplie d'eau chaude avant de la présenter au réflecteur. Le calorique rayonné dans chaque expérience étoit recueilli au foyer où la boule focale du thermomètre différentiel étoit placée, et l'élévation du liquide dans cet instrument, indiquoit le rayonnement proportionnel de chaque surface. De ces expériences, conduites avec autant d'adresse que d'exactitude,

M. Leslie obtint les principaux résultats suivans.

[*Rayonnement en raison directe de la différence des températures des corps chauds, et de l'air.*] 4. Lorsque la nature et la position de la boîte d'étain sont les mêmes, l'élévation dans le thermomètre différentiel est toujours proportionnelle à la différence, entre la température de ce vase chaud, et celle du lieu où se fait l'expérience (1).

[*Rayonnement en raison inverse de la distance du thermomètre au réflecteur.*] 5. La température de la boîte d'étain étant la même, l'effet sur le thermomètre différentiel diminue, comme la distance de ce vase au miroir réflecteur au foyer duquel est placée la boule focale, augmente. Ainsi l'élévation dans le thermomètre différentiel étant de 100, lorsque la boîte d'étain est à 972 millim. de distance du miroir réflecteur; elle ne sera que de 57, lorsque cet éloignement du vase sera de 1944 millim.

En substituant un verre étamé au réflecteur métallique, et un feu de charbon à la boîte d'étain remplie d'eau, le feu étant à la distance de 3240 millim., le thermomètre monte de 20°.55 centig., et de 11°.66 centig. seulement,

(1) Leslie, p. 14.

lorsque cette distance est de 9720 millim. (1). Il résulte des expériences de Leslie, que l'effet sur le thermomètre est à-peu-près en raison inverse de la distance de la boîte d'étain au réflecteur. Leslie trouva également, que des boîtes d'étain de dimensions différentes, remplies d'eau chaude à la même température, produisoient sur le thermomètre différentiel un effet à-peu-près égal, lorsqu'elles étoient placées à l'égard du réflecteur, sous le même angle ; ainsi avec de ces boîtes de diverses dimensions placées à des distances différentes, l'effet sur le thermomètre sera ainsi qu'il suit, savoir ;

		Elévation du therm. cent.
Boîte de 81 millim.	à 972 de dist.	27°77
Idem de 108	à 1296	30°
Idem de 162	à 1944	31°66
Idem de 270	à 3240	32°77

On voit par ces résultats, que l'effet de la boîte d'étain sur le thermomètre est à-peu-près proportionnel à l'angle qu'elle soustend, et que le calorique rayonné n'éprouve aucune diminution sensible dans son passage à travers l'air.

[*Rayonnement en raison du sinus d'inclinaison de la surface chaude à l'égard du*

(1) Leslie, p. 51.

réflecteur.] 6. Le calorique rayonne des surfaces des corps chauds dans tous les sens; mais les expériences de M. Leslie prouvent que c'est dans la direction perpendiculaire à la surface du corps chaud, que le rayonnement est le plus considérable. Lorsque la boîte d'étain est placée, à l'égard du réflecteur, dans une position oblique, l'effet diminue, et cette diminution est d'autant plus forte que l'obliquité est plus grande. Dans toutes les positions, l'effet est proportionnel à la projection orthographique de la boîte, et par conséquent, l'action de la surface chauffée est proportionnelle au sinus de son inclinaison à l'égard du réflecteur.

Tels sont les effets de la température, de la distance, et de la position de la boîte, relativement au réflecteur. Aucune de ces causes, excepté la première, n'occasionne de variation dans la quantité du calorique rayonné, elles n'influent que sur la portion de ce calorique recueillie par le miroir et renvoyée à la boule focale; mais le cas est différent lorsque la surface du vase est dénaturée.

[*Faculté de rayonnement des différens corps.*] 7. M. Leslie a formé la table suivante, de la faculté de rayonnement du calorique qu'ont les diverses substances qu'il a essayées, en les appliquant successivement à l'une des

surfaces de la boîte d'étain, et en observant la différence d'élévation qu'elles produisoient sur le thermomètre différentiel.

	centig.
Le noir de fumée	55°55
L'eau (par évaluation)	55°55+
Le papier à écrire	54°44
La poix résine	53°33
La cire à cacheter	52°77
Le crown-glass	50°
L'encre de la Chine	48°88
La glace	47°22
Le minium	44°44
La colle de poisson	44°44
La plombagine	41°66
Plomb terni par son exposition à l'air . .	25°
Mercure	11°11+
Plomb net	10°55
Fer poli	8°33
Feuille d'étain	6°66
Or, argent, cuivre	6°66

On voit par cette table que les métaux possèdent dans un degré très-inférieur la faculté de transmettre le calorique par l'air ambiant, que parmi les substances métalliques essayées, la feuille d'étain est une de celles où cette faculté est la plus foible. Dans le crown-glass, elle est 7 fois et demie plus forte, et plus de 8 fois dans le noir de fumée. Les expériences

du comte de Rumford, qui trouva que le pouvoir de rayonnement étoit égal dans tous les métaux qu'il avoit essayés, ne s'accordent point à cet égard avec celles de M. Leslie, dont la table présente entre divers métaux des différences considérables relativement à cette faculté ; mais la méthode adoptée par le comte ne nous paroissant pas susceptible de la même précision, que celle de M. Leslie ; nous inclinons à considérer celle-ci comme devant être beaucoup plus correcte.

8. L'état de la surface des corps paroît avoir une influence très-considérable sur leur faculté rayonnante ; ainsi c'est parce que la surface des métaux est brillante et polie, qu'ils la possèdent dans un moindre degré que d'autres corps : elle est comparativement beaucoup plus forte dans le métal terni par son exposition à l'air. On voit, en effet, dans la table précédente qu'elle n'est que de 10°.55 centig., dans le plomb clair et net, lorsqu'elle s'élève à 25°. centig. dans le même métal oxidé à l'air. Il en est de même de l'étain et de tous les autres métaux essayés.

On augmente le pouvoir rayonnant d'une surface métallique, en détruisant son poli par des stries dont on la sillonne. Ainsi l'effet de la surface claire et unie de la boîte d'étain étant

6°.66 centig. : il sera 12°.22 si on l'a rendue striée, en la frottant dans un seul sens avec le papier enduit de sable fin, qu'on emploie pour nétoyer le fer ou l'acier (1). Mais si l'on frotte alors la surface avec le même papier dans un autre sens, et de manière à y produire de nouvelles stries qui se croisent avec celles déja formées, la faculté de rayonnement sera un peu diminuée.

9. Après avoir examiné le pouvoir rayonnant des différentes substances successivement appliquées à l'une des surfaces de la boîte d'étain, il parut important à M. Leslie de s'assurer également des modifications que pourroient y apporter les changemens d'épaisseur des enduits formés sur la boîte par ces substances. Il étendit en conséquence sur l'une des faces polies de la boîte d'étain une couche très-mince de colle, et quatre couches semblables sur une autre face. L'effet de la face couverte de la pellicule la plus mince fut de 21°.11 centig., et celui de la face sur laquelle son épaisseur étoit quadruple de 30° centig. ; l'effet continuoit ainsi d'être plus grand à mesure que l'épaisseur de la couche augmentoit, jusqu'à ce qu'elle eût acquis celle d'environ 0.025 de millim., après quoi il devenoit stationnaire. L'application d'une légère couche d'huile d'olive sur l'une des

(1) Leslie, p. 81.

faces brillantes de la boîte, lui donnoit une force rayonnante de 28°.33 centig., qu'on pouvoit faire monter jusqu'à 52°,77 centig., en augmentant un peu l'épaisseur de la couche. Il résulte de ces expériences, que dans une surface métallique enduite de colle, ou d'huile, l'effet de la face rayonnante est proportionnel à l'épaisseur de l'enduit, jusqu'à un certain point, au-delà duquel il cesse d'augmenter par l'accroissement de cette épaisseur; mais on n'apperçoit pas que le même changement ait lieu à l'égard des surfaces vîtreuses, quand elles sont recouvertes de feuilles de métal très-minces. M. Leslie se servit d'une boîte d'étain dont une des faces étoit garnie d'un carreau de verre. Il la couvrit successivement d'une feuille d'or, d'une feuille d'argent, et d'une feuille de cuivre; mais malgré leur ténuité extrême, l'effet ne fut que de 6°.66 centig., c'est-à-dire, semblable à celui qu'auroient produit ces métaux eux-mêmes en couches d'épaisseur plus considérable (1).

10. Telles sont toutes les circonstances dont on a jusqu'à présent observé l'influence sur la force rayonnante d'une surface. Il n'a pas encore été possible de s'assurer de la différence que pouvoit produire, à l'égard de cette faculté,

(1) Leslie, p. 110.

la dureté, *la mollesse* ou *la couleur* des substances, quoique, d'après les expériences de M. Leslie, il ne paroisse pas invraisemblable que l'état de mollesse de la matière d'où s'échappe le calorique favorise son écoulement, et tend par conséquent, à provoquer le rayonnement (1). Mais comme l'effet, au moins autant qu'il est indiqué par le thermomètre différentiel, ne dépend pas seulement de la surface rayonnante, mais encore de celle de la boule focale, et aussi du réflecteur; il est nécessaire aussi de considérer les modifications que peuvent opérer, dans le résultat de l'effet produit, des altérations dans la surface de ces corps.

[*Les surfaces rayonnent et absorbent le calorique dans la même proportion.*] 11. Il a déja été observé que la boule focale étant dans son état naturel de surface vîtreuse nue, la face noircie de la boîte d'étain remplie d'eau bouillante fait monter le thermomètre de 55°.55 centig.; mais cette élévation ne sera plus que de 11°.11 centig., si on répète l'expérience après avoir couvert la boule focale d'une feuille d'étain. Un côté poli du vase d'étain produit sur le thermomètre, lorsque la boule focale est nue, une ascension de 6°.66 centig., qui

(1) Leslie, p. 90.

n'excède pas 1°.38 centig. (1), quand cette boule est revêtue d'une feuille d'étain. On voit par ces expériences que le métal a non-seulement une faculté d'émission du calorique plus foible que le verre, mais encore qu'il est beaucoup moins susceptible d'en recevoir l'impression. Si l'on sillonne la surface de la feuille d'étain, en la frottant avec le papier de sable, l'effet produit sur la boule focale exposée au foyer sera considérablement augmenté (2). On ajouteroit également, par le même moyen, à la faculté rayonnante de l'étain plané en morceaux, ainsi qu'on l'a déja remarqué. On peut conclure de ces faits, que les surfaces dont la force de rayonnement du calorique est la plus énergique, sont aussi celles qui l'absorbent le plus abondamment, et que par conséquent la faculté de recevoir le calorique, et celle de l'émettre, paroissent se trouver réunies au même degré dans une même substance.

[*Réflexion en raison inverse du rayonnement.*] 12. C'est précisément le contraire, ainsi qu'on devoit en effet s'y attendre, à l'égard de la faculté que possèdent les surfaces de réflé-

(1) Leslie, p. 19.
(2) *Ibid.* p. 81.

chir le calorique. Elle est la plus foible dans celles dont la force rayonnante est la plus grande, et les réflecteurs les plus puissans du calorique sont ceux dont les surfaces produisent le moins de rayonnement. Ainsi les métaux sont des réflecteurs beaucoup plus efficaces que le verre. Si à un miroir d'étain, on en substitue un de verre étamé, le thermomètre différentiel ne montera que de 0°.55 centigrad.; la surface du miroir étant enduite de noir de fumée, l'effet devient à peine perceptible. Si on la couvre d'une feuille d'étain, l'ascension dans le thermomètre sera de 5°.55 centigrad. (1).

[*Faculté de réflexion variable dans des corps.*] 13. Pour connoître l'intensité relative de la faculté réfléchissante des diverses substances qu'il vouloit essayer, M. Leslie plaça de petits disques de ces substances en avant du miroir réflecteur principal, et en deça du foyer. Il produisoit ainsi une réflexion secondaire, et formoit, au moyen des rayons reçus du miroir par les disques, et renvoyés en avant par eux de son côté, un nouveau foyer aussi éloigné de ces disques du côté du miroir que le foyer direct l'auroit été derrière eux. Il obtint, dans ces

(1) Leslie, p. 20.

essais du pouvoir réfléchissant comparatif des différentes substances éprouvées, les résultats suivans (1).

Substances réfléchissantes.	*Effets.* centigr.
Laiton	55°55
Argent	50°
Etain en feuilles	47°22
Etain plané	44°44
Acier	41°66
Plomb	33°33
Etain sur lequel on avoit coulé du mercure	5°55
Verre	5°55
Verre enduit de cire ou d'huile	2°77

Si l'on détruit le poli du réflecteur en le frottant avec du papier sablé, l'effet est considérablement affoibli. Si on y applique un enduit de colle de poisson, sa force de réflexion diminue à mesure que l'épaisseur de la couche augmente jusqu'à ce qu'elle soit de 0.027 de millim. La table suivante indique l'effet proportionnel des enduits de colle de poisson de diverses épaisseurs sur la force réfléchissante du miroir (2).

---

(1) Leslie, p. 98.

(2) *Ibid.* p. 106.

Epaisseur de l'enduit.	*Effet de la réflexion.*
	centigr.
Réflecteur nu.	70°56
0.00006 de millim.	54°44
0.00025	51°66
0.00050	48°33
0.00135	33°88
0.00270	21°66
0.00540	16°11
0.01350	11°66
0.02700	8°33

Tous ces phénomènes s'accordent exactement, comme on pouvoit s'y attendre, avec la supposition que l'intensité de la force de réflexion est en raison inverse de celle du rayonnement : M. Leslie a fait voir que l'action n'a lieu qu'à la surface antérieure; car lorsqu'on emploie pour miroir un verre étamé, l'effet ne change pas, soit qu'on enlève l'étamage, soit qu'on en dépolisse au sable, ou à l'émeri, la surface postérieure.

D'après ce qui vient d'être dit, il n'est plus possible de douter que le calorique ne rayonne effectivement des surfaces des corps, et qu'ils ne diffèrent considérablement entre eux relativement à cette faculté. Il paroît également démontré que ces corps ont un pouvoir de réflexion du calorique, dont la force est en

raison inverse de celle qu'ils ont de le rayonner. Mais avant d'établir notre jugement sur le mode de cette émanation calorifique dans ces circonstances, il convient d'examiner l'influence que les différens milieux peuvent avoir sur le rayonnement, et l'effet produit par les obstacles interposés entre la surface rayonnante et le réflecteur.

[*Le rayonnement n'a lieu que dans les milieux élastiques.*] 14. Dans tous les cas ordinaires, l'air est le milieu à travers lequel le calorique est rayonné, et il paroît, d'après les expériences de M. Leslie, que ce rayonnement n'est pas sensible lorsque la boîte d'étain, le miroir réflecteur, et la boule focale sont plongés dans l'eau. Il en conclut qu'il n'y a rayonnement du calorique que lorsque les corps qui le produisent sont placés dans un milieu environnant, élastique; mais ces expériences ne paroissent pas devoir suffire pour déterminer une semblable décision. En effet le refroidissement des substances plongées dans l'eau est si prompt, que le thermomètre peut à peine être affecté, et le calorique accumulé dans la boule focale en quantité suffisante pour occasionner une élévation sensible (1).

(1) Nous verrons cependant ci-après, que d'autres expé-

Le calorique rayonne à travers tous les corps gazeux qui ont été essayés. D'après les expériences de M. Leslie, il paroît que l'altération du milieu environnant n'influe pas sensiblement sur le rayonnement. La force en est au moins la même dans l'air et dans le gaz hydrogène ; les gaz oxigène, et azote, semblent avoir à cet égard les mêmes propriétés que l'air.

[*Diminué par la raréfaction.*] M. Leslie a également trouvé que la raréfaction de l'air environnant diminue un peu l'énergie rayonnante des surfaces, que cette diminution a lieu en degrés divers dans les différens gaz. La table suivante indique, d'après lui, ces divers degrés d'affoiblissement de force rayonnante, dans l'air et le gaz hydrogène, dans des états différens de raréfaction.

---

riences de M. Leslie prouvent que le rayonnement du calorique n'a pas lieu à travers les corps solides.

RARÉFACTION.	AIR.		HYDROGÈNE.	
	RAYONNEMENT DU		RAYONNEMENT DU	
	Verre.	Métal.	Verre.	Métal.
1	5714	714	5714	714
2	5519	690	5584	698
4	5332	667	5456.	682
8	5150	644	5331	666
16	4975	622	5210	651
32	4805	601	5091	637
64	4641	580	4974	622
128	4483	560	4861	608
256	4331	542	4750	594
512	4183	523	4641	580
1024	4041	505	4538	567

Tels sont les effets des différens milieux qu'a examinés M. Leslie, mais les expériences dont il les déduit, méritent d'être répétées.

[*Faculté d'interception d'un écran.*] 15. En interposant, au moyen d'une espèce d'écran

formé d'un cadre léger muni d'un pied qui le maintient dans une position verticale, une substance entre le vase d'étain et le réflecteur, l'effet est, ou diminué, ou entièrement détruit, suivant différentes circonstances qui ont été examinées par M. Leslie avec beaucoup de sagacité. C'est peut-être la partie la plus curieuse, et la plus importante de tout son ouvrage, que celle où il présente le détail de ses expériences avec les écrans, et des résultats qu'il en a obtenus. Un écran peut, suivant lui, influer sur le rayonnement du calorique de trois manières, 1°. par sa distance de la boîte ou vase d'étain qui contient l'eau chaude; 2°. par son épaisseur; 3°. par la nature de la substance dont il est composé.

[*L'effet d'interception augmente en raison de son éloignement du corps chaud.*] 1. M. Leslie s'est assuré, qu'à mesure qu'on éloigne l'écran de la boîte d'étain chauffée, l'effet du rayonnement sur le thermomètre différentiel, placé au foyer du réflecteur, diminue. Lorsque l'écran est très-près de la boîte, la diminution de l'effet est peu sensible; mais lorsque la distance augmente, cette diminution devient de plus en plus considérable, de manière que bientôt l'élévation du thermomètre cesse entièrement d'avoir lieu. Si, lorsque la boîte est à 972 millimètres du réflecteur, la

face tournée vers lui produit un effet équivalent à 100, il sera réduit à 20 par l'interposition d'un panneau de verre à la distance de 54 millimètres de la boîte. En reculant ensuite le panneau de verre vers le réflecteur, l'effet du rayonnement diminue graduellement, et à la distance de 324 millimètres il est complètement intercepté (1).

[*En raison de son épaisseur.*] 2. Lorsqu'au lieu d'un panneau de verre, on emploie une planchette de sapin, et qu'on la place à la distance de 54 millimètres de la boîte, le rayonnement du calorique diminue, et cette influence de la planchette est relative à son épaisseur.

Ainsi dans la planchette de

3.37 millim., l'effet est de	20
10.11.	15
27.	9

On voit que la diminution de l'effet, à raison de l'épaisseur, a lieu dans une progression très-lente (2).

[*Rayonnement du calorique intercepté par tous les corps solides.*] 3. Si au panneau de verre on substitue une feuille d'étain, et qu'on la place dans la même position,

(1) Leslie, p. 28.
(2) *Ibid.* p. 38.

c'est-à-dire à 5¼ millim. de distance de la boîte, l'effet, au lieu d'être de 20, est réduit à zéro. Cela arrive ainsi quelque mince que soit la feuille d'étain ; et même une feuille d'or, qui, réduite à 0.00081 millim. d'épaisseur seroit perméable à la lumière, arrêteroit complètement les progrès du rayonnement du calorique. En remplaçant l'étain en feuille par une feuille de papier à écrire, l'effet est de 23 (1). Il paroît donc que les substances varient considérablement entre elles dans leur propriété d'intercepter le calorique rayonnant, et que cette faculté d'interception du calorique, est dans les corps, en raison inverse de celle qu'ils ont de le rayonner. Celles de ces substances qui en jouissent au plus haut degré interceptent le moins le calorique dans leurs fonctions d'écran, lorsque celles, au contraire, qui le rayonnent le moins, en arrêtent le plus la transmission ; mais on a déja observé que la faculté d'absorber le calorique et celle de le rayonner étoient égales. Il s'ensuit donc que les substances qui absorbent le moins le calorique sont celles qui présentent le plus puissant obstacle à sa transmission, et *vice versâ*.

Ces faits portent naturellement à penser que

(1) Leslie, p. 38.

la propriété d'absorber le calorique dépend de la *surface* de la substance interposée comme écran, et cette opinion, M. Leslie l'a établie par les expériences suivantes. Il prit deux carreaux de verre bien plans, et il garnit d'une feuille d'étain l'une des faces de chacun d'eux, l'autre restant claire et nette : il appliqua ces deux carreaux l'un contre l'autre, leurs faces étamées étant en dehors, et il les plaça comme écran, à la distance de 54 millimètres de la boîte d'étain. Les rayons calorifiques parurent être interceptés en totalité, car il n'y eut aucun effet produit sur le thermomètre ; mais lorsque les deux carreaux furent retournés, en mettant, de part et d'autre, la face claire du verre en dehors, l'effet du rayonnement fut équivalent à 18. Ainsi nous voyons que dans le même écran, placé dans la même position, la faculté d'intercepter le calorique rayonnant est très-différente suivant la nature de ses surfaces. La transmission du calorique étoit entièrement arrêtée lorsque l'étain étoit en dehors, et lorsque c'étoit le verre il en arrivoit environ 0.20 au réflecteur. L'effet analogue eut lieu en employant deux feuilles d'étain dont on avoit enduit une des faces seulement d'une couche mince de noir de fumée. En appliquant ces deux feuilles l'une contre l'autre, et en les plaçant comme écran,

leurs deux faces métalliques nues en dehors, à la distance de 54 millimètres de la boîte d'étain, il n'y eut au thermomètre aucun indice de transmission de calorique, mais lorsque les faces noircies furent retournées et mises en dehors, l'effet fut équivalent à 23. Si l'on ne se servoit que de l'une des feuilles seulement, et que sa face noircie fut tournée vers la boîte d'étain, l'effet étoit égal à 4. Il étoit entièrement nul lorsqu'en employant les 2 feuilles avec leurs deux faces noircies en dehors on les tenoit à la distance de 54 millimètres l'un de l'autre (1).

[*Le rayonnement du calorique n'est pas semblable à celui de la lumière.*] 16. Tels sont les phénomènes du rayonnement du calorique, autant qu'ils ont pu être examinés. Voyons actuellement jusqu'à quel point ils peuvent servir à nous instruire sur sa nature. Nous ne connoissons d'autre radiation que celle de la lumière, et comme c'est la seule substance qui nous soit familière, les savans ont cru, sans autre examen, pouvoir considérer l'une et l'autre de ces radiations comme étant semblables. Mais les résultats des expériences de M. Leslie, en les supposant exactes, prouvent le contraire; la lumière passe à travers

(1) Leslie, p. 35.

les corps diaphanes, comme le verre, elle n'éprouve, en les traversant, qu'une légère diminution d'intensité, et l'effet est le même, à quelque point de son trajet que le verre se trouve placé; mais le cas est différent à l'égard du calorique rayonnant; lorsque le panneau de verre est placé très-près du vase d'étain, il y a une petite portion du calorique qui passe; mais à mesure qu'on recule le panneau vers le réflecteur, l'effet diminue par degrés et cesse à la fin d'avoir lieu. Les surfaces ne suivent pas dans leur faculté de rayonnement du calorique la même loi que les corps lumineux. Elle diminue dans les premières à-peu-près comme la distance augmente, c'est-à-dire, en raison inverse simple, tandis que dans les corps lumineux c'est, pour cette diminution d'effet, l'inverse du carré des distances. Ces circonstances particulières, ainsi que plusieurs autres qu'on a précédemment fait observer, indiquent une différence très-marquée entre le rayonnement du calorique et celui de la lumière.

L'examen qu'a fait M. Leslie de l'effet des écrans ne laisse aucun doute que tout corps solide, mince ou diaphane, n'intercepte complètement tous les rayons calorifiques lorsqu'il est interposé entre le vase d'étain et le réflecteur, car par l'interposition de ces corps l'intensité

de faculté restante est toujours proportionnelle à la disposition de l'écran pour recevoir le calorique rayonnant, et l'effet diminue constamment à mesure qu'il est placé à une distance plus grande, c'est-à-dire, que l'écran absorbe une certaine portion du calorique de la boîte, et transmet, par rayonnement l'excès de ce qu'il a acquis de cette manière. Ainsi le placement d'un écran produit le même effet que si c'étoit une autre boîte, ou vase d'étain chauffé à une température moins élevée. Les rayons du calorique dans cet état peuvent donc traverser les corps solides, minces ou transparens. Ils entrent dans l'écran, y sont retenus, et ils n'en sortent par la surface postérieure qu'en petites quantités et en raison seulement de l'excès de la température de l'écran sur celle de l'air ambiant. Le rayonnement du calorique diffère matériellement de celui de la lumière. C'est la raison pour laquelle le rayonnement n'a lieu que lorsque le milieu qui environne le corps chaud est élastique; et lorsqu'il est tel, il ne paroît pas, au moins d'après les expériences de M. Leslie, que sa nature chimique occasionne aucune différence dans cette faculté rayonnante, puisqu'elle est à-peu-près la même dans l'air que dans d'autres gaz. Mais si le milieu est rendu artificiellement plus rare, l'effet diminue.

Il ne paroît pas que les rayons du calorique, à quelque distance qu'ils soient transmis dans l'air, éprouvent en le traversant, de diminution sensible par l'action de ce milieu, car leur effet sur le thermomètre différentiel est toujour proportionnel à l'amplitude visuelle de la boîte d'étain, et à cet égard ils se comportent comme les rayons de la lumière. Ainsi donc, que les rayons calorifiques soient renvoyés en quantités différentes par des surfaces; qu'ils ne traversent que les corps aériformes, étant interceptés par tous ceux solides; que leur intensité diminue en raison inverse de leur distance, et que dans la route qu'ils parcourent ils n'éprouvent aucune diminution, c'est ce que nous pouvons considérer actuellement comme suffisamment établi. Mais au-delà tout nous semble encore hypothétique.

M. Leslie suppose que le calorique est transporté d'une surface à une autre par l'intermède de l'air, et que ce qu'on appelle son rayonnement, n'est autre chose qu'une suite d'ondulations aériennes qui ont lieu d'une manière analogue à celle de la propagation du son. Un corps chaud, suivant M. Leslie, communique une certaine portion de calorique à la couche d'air qui le touche immédiatement; cette couche, aussitôt dilatée, s'éloigne brusquement de

la surface chauffée, et acquiert ainsi un mouvement de vibration qu'elle communique à la couche d'air qui l'avoisine ; le contact des couches d'air au corps chaud se renouvelle par alternatives non-interrompues, et les ondes calorifiques se succèdent de cette manière à-peu-près comme les ondes sonores, et avec la même vîtesse ; elles se propagent, ainsi qu'elles, en sphères concentriques, en diminuant d'intensité à mesure que la surface de ces sphères augmente. La portion de calorique, qui produit la première vibration, passe de la première couche d'air à la seconde, et de celle-ci à la troisième, etc., avec la rapidité des ondulations elles-mêmes. La force de l'effet produit dépend de la portion de calorique communiquée à chaque instant successif à la couche d'air en contact avec le corps chaud ; et cette communication est plus ou moins considérable, suivant que la couche d'air s'applique plus ou moins immédiatement à la surface du corps chaud. Aussi le verre, et les autres corps qui rayonnent le plus puissamment le calorique, sont-ils ceux qui ont la plus grande affinité pour l'air, et dans les métaux, dont l'affinité pour l'air est moindre, la faculté de rayonnement est-elle la plus foible. Il s'ensuit également que les corps qui rayonnent le mieux le calorique doivent l'absorber le plus

facilement, parce que les molécules d'air chargées de calorique les approcheront de plus près. C'est ainsi qu'en sillonnant la surface d'un métal, on augmente sa faculté rayonnante, parce qu'à raison des proéminences que ce sillonnement y produit, les particules d'air s'en approchent davantage; et c'est par la même raison, que l'effet produit par les surfaces métalliques est plus grand, lorsqu'elles sont enduites de couches de colle de poisson.

C'est l'ouvrage même de M. Leslie qu'il faudroit consulter pour y voir exposée dans tout son développement l'ingénieuse théorie dont nous ne présentons ici qu'une esquisse imparfaite. Elle est susceptible, sans doute, de beaucoup d'objections, mais comme son auteur ne l'a encore appuyée d'aucune preuve directe, qu'elle ne s'accorde point avec les expériences d'Herschell, Wollaston, Ritter et Bockmann, et que, par conséquent, elle ne pourroit être admise que sur des faits irrécusables, nous pensons qu'il est inutile de nous en occuper davantage. Les opinions avancées par le comte de Rumford ne s'éloignent pas beaucoup de l'hypothèse de Leslie; mais le comte n'a pas, aussi bien que lui, réussi à la présenter sous un point de vue imposant.

2°. *Passage du calorique à travers les corps.*

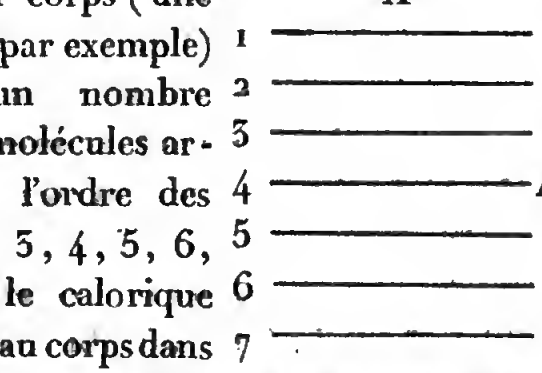
1. Le calorique est, ainsi que nous l'avons vu, incapable de se mouvoir en rayons à travers les corps solides. Il est cependant bien connu que tous les corps quelconques lui donnent accès : il faut donc alors qu'il pénètre dans les solides d'une manière différente. En général, son passage dans ces espèces de corps est très-lent. Si l'on met, dans un feu ordinaire, l'une des extrémités d'une verge de fer de 540 millim. de long, en fixant un thermomètre à son autre extrémité, il se passera 4 minutes avant que ce thermomètre commence à monter, et dans 15 minutes il se sera élevé de 8°.33 centigr. Dans ce cas, le calorique a employé 4 minutes à passer à travers une verge de fer de 540 millim. Le calorique est dit *conduit* dans les corps, lorsqu'il chemine ainsi lentement dans leur intérieur. C'est de cette seule manière qu'il traverse les corps non-élastiques, et quoique souvent il se meuve par rayonnement dans les milieux aériformes, nous verrons par la suite qu'il est susceptible d'être conduit de même à travers eux.

[*Explication de la faculté conductrice.*]

2. La vîtesse du calorique, lorsqu'il est *conduit*

à travers les corps, étant considérablement retardée, il est clair que son mouvement, lorsqu'il les pénètre, éprouve des obstacles. Il doit être retenu pendant quelque tems par les molécules du corps qui le conduit, et, par conséquent, attiré par elles. Il existe donc entre le calorique et chaque *corps conducteur* une force d'affinité ou d'attraction qui détermine ce mode de le traverser; ceci s'entendra peut-être mieux au moyen de l'exemple suivant.

Soit *M* un corps (une masse de fer, par exemple) composé d'un nombre indéfini de molécules arrangées dans l'ordre des couches 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, etc., soit le calorique communiqué au corps dans la direction *X*; la première couche de molécules 1 se combine avec une dose de calorique et forme, par cette combinaison, un composé que nous appellerons *A*. Ce nouveau corps ne peut être décomposé par la seconde couche, parce que toutes étant à la même température avant l'application du calorique, leur affinité pour lui doit être égale, et qu'il est absurde de supposer qu'un composé puisse être détruit par une affi-



nité qui n'est pas supérieure à celle qui l'a produit. Si donc la couche 1 ne se combinoit qu'avec une seule dose de calorique, il n'en passeroit pas au-delà de cette couche ; mais le composé *A*, qui a encore de l'affinité pour le calorique, en absorbera une autre dose, et il en résultera un nouveau composé *B*.

La couche 1 sera alors combinée avec deux doses de calorique dont elle retiendra la seconde, d'après les lois générales que nous avons exposées ci-dessus, avec une force moindre que la première ; la couche 2 deviendra donc capable de lui enlever cette seconde dose, elle s'y combinera et formera le composé *A*. Il y aura alors deux couches combinées chacune avec une dose de calorique, et constituant par conséquent chacune un composé *A*. La troisième couche est incapable de décomposer la seconde, par la même raison que cette seconde ne pouvoit avoir d'action sur la première lorsqu'elle n'étoit encore unie qu'à une seule dose de calorique. La couche 1 prend une nouvelle dose de calorique, et il en résulte un composé *B*, sur lequel la couche 2 ne peut produire aucun effet, parce qu'étant déja combinée avec une dose de calorique, son affinité pour une seconde dose ne peut être plus grande que celle de la couche 1 pour cette même dose.

Mais la couche 1 se combinant avec une troisième dose de calorique, produit un nouveau composé *C*; alors son affinité pour cette troisième dose étant inférieure à celle qu'elle a pour la seconde, la couche 2 la lui enlève et forme le composé *B*; cette seconde dose est séparée de même de la couche 2 par la couche 3 qui devient *A*. La couche 1 forme pour la seconde fois le composé *C*, et la couche 2 celui *B*. La couche 1 est pour la troisième fois rendue *C*. Il y a alors trois couches échauffées, savoir, celle 1, combinée avec trois doses, celle 2 avec deux doses, et celle 3 avec une seulement. Le calorique ne peut passer outre, car la couche 4 ne peut décomposer *A*, non plus que la couche 3, *B*, ni la couche 2, *C*. Mais la couche 1 reprend une quatrième dose de calorique, et le nouveau composé est *D*. Cette quatrième dose est enlevée par la couche 2, qui devient *C*, et celle-ci par la couche 3, qui est rendue *B*. Enfin, cette même dose est encore séparée de la couche 3 par la couche 4, et un nouveau composé *A* est formé. La couche 1 devient une seconde fois *D*, la couche 2, *C*, et la couche 3, *B*. La couche 1 est une troisième fois *D*, et la couche 2 une seconde fois *C*. Le composé *D* est formé pour la quatrième fois par la couche 1, à laquelle il ne peut plus être rien enlevé. Il y a

alors quatre couches en état de combinaison avec le calorique, savoir la couche 1 avec 4 doses, celle 2 avec 3, celle 3 avec deux, et celle 4 avec une. C'est ainsi que s'opère l'échauffement successif d'un nombre quelconque de couches.

3. Les corps conduisent donc le calorique en vertu de leur affinité pour ce principe, et de la propriété qu'ils ont d'en absorber indéfiniment des doses additionnelles. C'est à cette cause qu'est due la lenteur qu'il met à les pénétrer, ou, ce qui est la même chose, la longue durée de tems qu'exige l'échauffement ou le refroidissement d'un corps dans l'intérieur duquel on voit que le calorique ne peut cheminer qu'à l'aide de compositions et de décompositions alternativement successives.

4. On voit aussi que lorsque le calorique est appliqué à l'une des extrémités d'un corps, la température des couches de ce corps doit diminuer uniformément selon leur distance de la source du calorique, et c'est ce que chacun peut avoir observé. Si, par exemple, nous passons la main le long d'une verge de fer dont on tient l'extrémité dans le feu, nous reconnoîtrons que sa température diminue par degrés, à partir de l'extrémité la plus chaude, qui est dans le feu, jusqu'à l'autre extrémité la plus froide. Il s'en suit que la mesure du calorique transmis doit

toujours être proportionnelle à l'excès de température communiquée à la partie du conducteur la plus voisine de la source du calorique.

5. La pénétration du calorique dans un corps, au moyen de la faculté conductrice, doit avoir une limite, et cette limite dépend du nombre de doses de calorique avec lesquelles la couche la plus voisine de la source qui le produit est susceptible de se combiner. Si la longueur d'un corps étoit telle que le nombre des couches qui le composent excédât celui des doses de calorique, avec lesquelles une de ces couches peut s'unir, il est évident que le calorique ne pourroit être conduit à travers le corps, c'est-à-dire, que celles de ces couches qui se trouveroient les plus éloignées de la source du calorique, ne pourroient acquérir aucun accroissement de température. Dans tous les cas, cette limite dépend de la quantité de calorique avec laquelle un corps peut se combiner avant de changer d'état. Tous les corps, autant que nous pouvons actuellement en juger, sont capables de se combiner indéfiniment avec le calorique; mais son accumulation à un certain degré, leur fait, pour la plupart, changer d'état. Ainsi, par sa combinaison avec une certaine dose de calorique, la glace devient eau, et celle-ci, en se combinant avec par une quantité

additionnelle de ce principe, est à son tour convertie en vapeur. Par l'application du calorique, à des degrés convenables, les métaux fondent, se volatilisent et s'oxident; le bois, et presque tous les autres combustibles, prennent feu et se dissipent. Ainsi, toutes les fois que la première couche d'un corps s'est combinée avec toute la quantité de calorique que ce corps peut recevoir sans changer d'état, il est évident qu'il ne peut plus en admettre, car par l'addition d'une autre dose, la première couche seroit dissipée.

6. Quant à la faculté qu'ont les corps, de conduire le calorique, elle dépend de la natures pécifique de chacun d'eux. Ceux qui en jouissent au plus haut degré le transmettent avec le plus de rapidité, et à la plus grande distance. La densité des corps paroît être, en quelque sorte, la mesure de leur efficacité, comme conducteurs. Cependant l'affinité respective de chacun d'eux pour le calorique, doit y influer d'une manière très-sensible. En considérant les corps classés par séries, on peut établir, comme règle générale, que la série des plus denses sera celle des meilleurs conducteurs; mais si l'on examine particulièrement les corps d'une série, on ne trouvera pas toujours que ce soit dans les plus denses que réside la faculté conductrice la plus énergique.

7. Puisque les corps conduisent le calorique, en conséquence de leur affinité pour ce principe, et que cette affinité existe dans tous les corps, il s'ensuit que tous les corps doivent être conducteurs, à moins que leur faculté à cet égard ne soit contrariée par quelqu'autre propriété. Si, par exemple, un corps étoit de nature telle qu'une simple dose de calorique dût suffire pour y produire un changement d'état, il est évident que ce corps ne pourroit pas être conducteur du calorique, car aussitôt que chaque rang de ses molécules se seroit combiné avec cette dose, elles changeroient de place et ne pourroient alors communiquer le calorique aux couches voisines.

[*Tous les solides sont conducteurs.*] 8. Tous les *solides* sont conducteurs, parce que tous sont capables de se combiner en différentes doses avec le calorique, avant d'éprouver aucun changement d'état. C'est ce qui a lieu dans un degré très-remarquable à l'égard des corps terreux et pierreux, ainsi qu'à l'égard des métaux, des végétaux, et des matières animales. Ceci cependant doit s'entendre avec de certaines restrictions. Tous les corps sont bien en effet conducteurs, mais ils ne le sont pas dans toutes les situations. La plupart des solides sont conducteurs à la température ordinaire de l'atmos-

phère; mais ils cessent de l'être quand ils sont chauffés à la température à laquelle ils changent d'état. Ainsi, à la température de 15°.50 cent., le soufre est conducteur, mais il ne l'est plus à 101°. centigr., terme auquel il fond, ou se volatilise. La glace conduit également le calorique à la température de — 6°.66 centigr., ou tout autre degré au-dessous du point de congélation; mais à zéro, elle perd cette faculté, parce qu'alors la moindre addition de calorique la fait changer d'état.

9. Quant aux corps liquides et gazeux, il paroîtroit au premier apperçu qu'ils devroient aussi être tous conducteurs. Ils peuvent être en effet chauffés comme les solides, et à un degré aussi considérable, sans éprouver aucun changement sensible d'état; mais les fluides diffèrent des solides dans une particularité essentielle. Leurs molécules peuvent se mouvoir librement les unes contre les autres, et obéir à la plus légère impulsion, tandis que les molécules des solides sont, par la nature même de ces corps, fixes et stationnaires. Un des changemens qu'éprouvent les corps par l'effet du calorique, est leur expansion, où l'augmentation de leur volume, et de cette expansion résulte une diminution proportionnelle dans leur pesanteur spécifique. Ainsi, toutes les fois que le calorique se

combine avec une couche de molécules, toute la couche devient spécifiquement plus légère que les autres molécules. Cet effet ne produit aucun changement dans la situation des molécules des solides ; mais à l'égard de celles des fluides, s'il arrive que la couche échauffée soit placée au-dessous des autres, elle sera pressée de haut en bas par elles, et comme elle a la liberté de se mouvoir, elle changera de place, s'élevera à la partie supérieure du fluide, et comme plus légère, sera maintenue à sa surface par ces mêmes couches.

[*Les fluides charrient le calorique.*] Il existe donc, à l'égard des corps fluides, une grande différence relativement à la partie de ces corps, à laquelle la source du calorique est appliquée. Si c'est à la surface du liquide, le calorique ne peut pénétrer dans les couches qui sont au-dessous qu'au moyen de la faculté conductrice du fluide, ainsi que cela a lieu dans les corps solides ; mais si la source du calorique est à la partie la plus basse, il gagnera celle supérieure, indépendamment du pouvoir conducteur, en vertu de la fluidité du corps et de l'expansion des molécules chauffées. La couche la plus basse, aussitôt qu'elle est combinée avec une dose de calorique, devient spécifiquement plus légère et monte : de nouvelles molécules approchant de

la source du calorique, se combinent avec lui, et sont à leur tour déplacées. De cette manière, toutes les molécules viennent successivement se présenter à la source du calorique; elles sont toutes très-promptement échauffées, et le calorique est ainsi transporté presque tout d'un tems dans les fluides, à des distances beaucoup plus grandes que dans aucun corps solide quelconque. Les fluides ont donc la propriété de *charrier* ou *transporter* le calorique à raison de celle dont ils jouissent de le recevoir d'une manière entièrement indépendante de toute faculté conductrice.

10. Le comte de Rumford s'est particulièrement occupé de l'examen de cette propriété qu'ont les fluides, de *charrier* le calorique. Ce philosophe en fut tellement frappé, lorsqu'il l'observa pour la première fois, qu'il n'hésita pas à en conclure que c'est de cette seule manière que le calorique se transmet dans les fluides, et qu'ils sont entièrement privés de la faculté de le conduire. Dans une suite d'expériences sur la communication du calorique, le comte de Rumford faisoit usage de thermomètres de dimensions extraordinaires. Après en avoir exposé un qu'il avoit rempli d'alcool, et dont la boule avoit près de 108 millimètres de diamètre, à la chaleur la plus forte qu'il put

supporter, il le mit à refroidir près d'une croisée où le soleil vint à donner; quelques particules de poussière qui s'étoient trouvées accidentellement mêlées avec l'alcool, étant éclairées par le soleil, elles devinrent parfaitement visibles dans le liquide, et c'est par leur moyen qu'il y apperçut, dans toute la masse, un mouvement très-rapide qui avoit lieu à-la-fois dans les deux directions opposées de bas en haut et de haut en bas. Le courant *ascendant* occupoit l'axe du tube, et celui *descendant* ses parois. En refroidissant le tube avec de la glace, la vîtesse de l'un et l'autre courant étoit considérablement accélérée. Elle diminuoit à mesure que le liquide dans le tube refroidissoit, et le mouvement cessoit entièrement d'y avoir lieu lorsque sa température étoit devenue la même que celle de la chambre. Cette expérience fut répétée avec un thermomètre semblable rempli d'huile de lin, et les résultats furent absolument les mêmes. Ces courans étoient évidemment produits par le mouvement des molécules du liquide dont chacune alloit séparément porter son calorique aux parois du tube. Au moment où elle s'en dépouilloit ainsi, elle devenoit spécifiquement plus pesante par l'abaissement de sa température; elle descendoit immédiatement vers le fond, et pressoit en conséquence la partie plus chaude

du fluide qui étoit alors forcé de monter le long de l'axe du tube; les molécules chaudes, arrivées au sommet, venoient à leur tour déposer leur calorique sur les parois, et tomber vers le fond par l'augmentation de leur pesanteur spécifique.

Le comte de Rumford voulut s'assurer si cet effet, qu'il venoit de reconnoître dans l'alcool, et dans l'huile de lin, auroit également lieu dans l'eau; mais comme les mouvemens internes de ces fluides n'étoient appercevables qu'au moyen de corps de même pesanteur spécifique qu'eux, qui y étoient suspendus, et qu'il est difficile de trouver une substance d'une pesanteur spécifique égale à celle de l'eau, qui n'y soit pas soluble, il eut recours aux moyens suivans. Il ajouta de la potasse pure à de l'eau, jusqu'à ce que la pesanteur spécifique de la dissolution fut exactement égale à celle de l'ambre jaune transparent qui n'est pas de beaucoup supérieure à la pesanteur spécifique de l'eau pure. Il mit donc de petits morceaux d'ambre dans cette dissolution, qu'il versa dans un matras de verre à long col. Ce matras ayant ensuite été chauffé, et exposé au refroidissement, il s'y manifesta des phénomènes exactement semblables à ceux déja observés dans les autres fluides. Un changement d'un petit nombre de degrés dans la température suffisoit

pour mettre le liquide en mouvement, et ce mouvement pouvoit être produit dans une partie quelconque de l'instrument par l'application à cet endroit, d'un corps plus chaud ou plus froid que lui. Si c'étoit un corps chaud, la partie du liquide la plus voisine du contact s'élevoit; elle descendoit au contraire si le corps appliqué étoit froid. Ces observations portèrent naturellement le comte à examiner si l'échauffement, ou le refroidissement des fluides, ne seroit pas sensiblement retardé par leur mélange avec quelque substance qui en diminue la fluidité; il se servit à cet effet d'un gros thermomètre à tube de verre, et à réservoir de cuivre, de forme cylindrique. Ce thermomètre rempli d'huile de lin, étoit placé exactement au centre d'un cylindre creux de cuivre, de manière que l'espace vide de toutes parts entre les parois du thermomètre et la surface intérieure du cylindre, n'excédoit pas 6 millimètres. Le thermomètre étoit maintenu dans l'intérieur du cylindre par 4 petits supports en bois, et dans sa situation, au centre de ce cylindre, au moyen de son tube qui traversoit le milieu d'un bouchon de liège dont l'orifice supérieur du cylindre étoit garni. Après avoir rempli ce cylindre d'eau pure, on plaça l'appareil dans la glace fondante jusqu'à ce que la liqueur du thermomètre se fut arrêtée

à zéro ; il en fut alors retiré, et plongé immédiatement, dans un vase d'eau bouillante. Le thermomètre monta de zéro, à environ 93°. centigrades, en 597″. Cet effet ne pouvoit avoir lieu qu'autant que le calorique qui le produisoit, s'étoit frayé un passage à travers l'eau contenue dans le cylindre. L'expérience fut répétée exactement de la même manière, mais à l'eau du cylindre du poids d'environ 119 grammes, on ajouta environ 10 grammes d'amidon qu'on y fit bouillir, et qui devoit en diminuer la fluidité. Le thermomètre s'éleva alors de zéro à 93°. centigrades, en 1109″. La même expérience fut encore faite avec une même quantité d'eau pure mêlée également avec environ 10 grammes d'édredon, comme substance propre à servir d'obstacle au mouvement des molécules de l'eau. Dans une autre expérience on remplit le cylindre de marmelade de pommes. On obtint de toutes celles ainsi faites les résultats suivans.

Tems que le calorique employoit pour passer dans le thermomètre.

TEMPÉRATURE.	A TRAVERS l'eau et l'amidon.	A TRAVERS l'eau et l'édredon.	A TRAVERS l'eau et la marmelade de pommes.	A TRAVERS l'eau pure.
Elévation du thermomètre de 0° à 93° centigr. en.....	Secondes. 1109	Secondes. 949	Secondes 1096.50	Secondes. 597
Elévation du thermomètre de 26°.66 à 71°.11 centigr. en...	341	269	335	172

Tems employé par le calorique pour sortir du thermomètre.

TEMPÉRATURE.	A TRAVERS l'eau et l'amidon.	A TRAVERS l'eau et l'édredon.	A TRAVERS l'eau et la marmelade de pommes.	A TRAVERS l'eau pure.
Le thermomètre tomba de 93° à 4°.44 cent. en.	Secondes 1548	Secondes. 1541	Secondes. 1749.5	Secondes. 1032
Le thermomètre tomba de 71°.11 à 26°.66 centig. en.....	468	460	520	277

Ces expériences prouvent que plus le mouvement interne des molécules d'un liquide est complètement retardé, plus il lui faut de tems pour acquérir une température donnée. Ainsi quand le calorique est appliqué aux liquides, c'est, dans les cas ordinaires, à la faculté qu'ils ont de le transporter, qu'est due en grande partie leur élévation de température : et s'ils sont conducteurs du calorique, leur pouvoir à cet égard est bien foible comparativement à celui qu'ils ont de le charrier.

Cependant lorsque la source du calorique a été appliquée à la surface d'un liquide, il pénètre par degrés vers la partie inférieure, et la température de chaque couche diminue progressivement de sa surface au fond. Or, dans ce cas, l'échauffement de la partie du liquide qui se trouve au-dessous de celle qui a reçu le calorique, ne peut provenir de la faculté de transport, puisqu'il n'a lieu qu'en vertu d'un changement de pesanteur spécifique dans la portion chauffée du liquide, et que par ce changement le calorique ne peut être propagé que de bas en haut et jamais de haut en bas. Donc les liquides peuvent conduire le calorique.

Le comte de Rumford a tiré de ses expériences une conclusion différente. Il fixa un disque, ou gâteau de glace, au fond d'un vaisseau de verre

dans lequel il avoit mis assez d'eau froide pour que ce gâteau en fut recouvert à la hauteur d'environ 6 millimètres. Il versa ensuite dans le vaisseau de l'eau bouillante en grande quantité. Si l'eau n'a aucune faculté conductrice, le calorique ne pouvoit pas, dans cette expérience, passer de l'eau bouillante à l'eau froide, et par conséquent la glace ne devoit éprouver aucun changement d'état. Cependant, au bout de deux heures, elle étoit fondue d'environ moitié. Il y avoit donc eu transmission de calorique à l'eau froide, et il en résulteroit évidemment que l'eau conduit le calorique ; mais le comte trouva une manière ingénieuse d'expliquer ce fait de la fonte de la glace, sans être obligé de renoncer à sa théorie de la non-conductibilité des fluides.

On sait que l'eau à 4°.44 centigrad. au-dessus de zéro, est à son *maximum* de pesanteur spécifique, et qu'à partir de ce point, sa densité diminue, soit que la température s'élève ou s'abaisse ; ainsi donc toutes les fois qu'une molécule d'eau contenue dans un vase acquerra la température de 4°.44 centigr., elle tombera au fond de ce vase ; maintenant comme l'eau en contact avec la glace fondante est à la température de zéro, il est évident qu'aussitôt que la température d'une molécule d'eau chaude se sera abaissée à 4°.44 centigrades, elle tombera,

comme plus pesante, au-dessous de la molécule à zéro, qui plus légère, lui cédera la place: elle viendra alors en contact avec la glace, et la fera fondre. C'est de cette manière que le comte de Rumford, dont la sagacité n'est jamais sans ressource, s'est efforcé de prouver que la fonte de la glace s'étoit opérée dans son expérience. Lorsqu'en effet, il couvroit en partie le gâteau de glace en le fixant au fond du vase avec de petites traverses de sapin mises en croix, la portion de ce gâteau recouverte par le bois ne fondoit pas, et lorsque sur le disque de glace il en assujettissoit un autre d'étain mince, de même diamètre, percé dans son milieu d'un trou circulaire, il n'y avoit exactement de glace fondue que la partie du gâteau qui correspondoit à ce trou. On peut bien certainement conclure de ces faits que la fonte de la glace s'opéroit à l'aide de courans établis d'eau plus chaude, descendant dans l'eau plus froide.

Mais ce n'est pas l'existence de ces courans descendans qu'il s'agit de prouver, c'est l'impuissance de l'eau pour conduire le calorique. Or s'il en étoit ainsi, comment, je le demande, la température de l'eau chaude auroit-elle pu s'abaisser à 4°.44 centigr.; ce n'est pas à la surface, car, suivant le comte lui-même, elle n'y fut jamais au-dessous de 42°.21. centigrades. Ce

refroidissement ne provient pas non plus du contact des parois du vase, car, dans une expérience, le courant descendant eut exactement lieu dans l'axe, et il résulte évidemment de celle faite avec les morceaux de bois, que ces courans descendans tombent également sur chaque partie de la surface de la glace, ce qui auroit été impossible s'ils eussent été formés par le refroidissement de l'eau sur les parois du vase. Il s'ensuit donc que l'eau chaude a été refroidie à 4°.44 centigr. par l'eau froide qu'elle surnageoit, et avec laquelle, par conséquent, elle a partagé son calorique. S'il en est ainsi, une molécule d'eau peut recevoir du calorique d'une autre molécule, ou en d'autres termes, l'eau est un *conducteur du calorique*. Lorsque l'eau chaude eut séjourné pendant une heure sur la glace, sa température, à diverses profondeurs, étoit ainsi qu'il suit, savoir :

	Echelle centig.
A la surface de la glace	4°44
A 27 millim. au-dessus de cette surface .	26.66
A 54 millim.	47·77
A 81 millim.	53.32
A 108 millim.	54·44
A 189 millim.	55.

Comment pourroit-on expliquer cette dimi-

nution graduelle dans la température de l'eau à mesure qu'elle s'approche de la glace, si elle n'étoit pas conductrice de la chaleur? On peut dire que l'eau perdant du calorique à sa surface, descend et s'arrange d'elle-même selon sa pesanteur spécifique; mais si cela est ainsi, comment se fait-il qu'il n'y ait qu'un seul demi-degré de différence de température entre les profondeurs de 108 et de 189 millimètres au-dessus de la glace? Il paroît donc que les expériences du comte, au lieu de démontrer que l'eau n'a pas de faculté conductrice du calorique, favorisent la supposition contraire.

Le comte de Rumford voulut s'assurer également, si l'huile, et le mercure, étoient des conducteurs du calorique; lorsque l'eau se congèle dans un vase de verre, en le plaçant dans un mélange réfrigérant, on observe que la glace commence à se former aux parois, qu'elle augmente progressivement d'épaisseur, et que l'eau dans l'axe du vaisseau, qui conserve le plus longtems sa fluidité, étant comprimée par l'expansion de la glace, sa surface est soulevée, et il en résulte, lorsqu'elle est gelée en totalité, une protubérance ou mamelon qui excède quelquefois de 13.50 millim. la surface de la glace. C'est sur de la glace ainsi produite que le comte versa dans le vase, de l'huile d'olive

préalablement refroidie à la température de zéro, en quantité suffisante pour former au-dessus de la surface de la glace une couche de 81 millim. d'épaisseur. Le vase de verre étoit environné, à la hauteur de la glace, d'un mélange de glace pilée et d'eau. Un fort cylindre de fer battu d'environ 54 millim. de diamètre, et de 324 millim. de long, muni d'une enveloppe cylindrique creuse de papier épais, ayant été chauffé à la température de 98°.88 centig. dans de l'eau bouillante, et subitement introduit dans son enveloppe, fut suspendu par un fil d'archal au plafond de la chambre, au-dessus du centre du vase, et plongé par degrés dans l'huile, jusqu'à ce que le milieu de la surface plane de l'extrémité du cylindre de fer chaud, qui étoit directement au dessus du sommet de la projection conique de la glace, n'en fut plus qu'à la distance de 5.40 millim.; l'extrémité de l'enveloppe descendoit de 2.70 millim. plus bas que celle du cylindre chaud de métal. Il est évident que si l'huile d'olive avoit eu quelque faculté conductrice, le calorique fut passé au travers de la couche qui séparoit la surface chauffée du cylindre, de la glace, et son effet eût été d'en opérer la fusion; mais cela n'eut pas lieu, et la glace ne fut ni diminuée, ni changée dans sa forme. En substituant dans cette même expérience, le mercure à

l'huile, les résultats furent absolument semblables (1).

Le comte de Rumford conclut de cette expérience que, ni le mercure ni l'huile ne sont capables de conduire le calorique; mais c'est décider la question à l'aide de moyens qui ne sont pas suffisamment délicats.; car si au disque mameloné de glace, on substitue un thermomètre, il s'élève toujours de plusieurs degrés, ainsi que je m'en suis assuré; le calorique passe donc dans ce cas à travers l'huile et le mercure, ce qui prouve encore, en opposition avec les conclusions que le comte a tirées de ses expériences, que ces fluides sont conducteurs du calorique. Je me suis assuré que tous les fluides sont en effet conducteurs du calorique. en opérant de la manière suivante. Je versois le liquide dont je cherchois à connoître la faculté conductrice, dans un vase de verre, jusqu'à ce qu'il en fut à-peu-près à moitié rempli; j'y ajoutois alors un liquide chaud d'une pesanteur spécifique moindre; j'avois placé à la surface, au centre, et au fond du liquide froid, des thermomètres qui ne pouvoient monter qu'autant que le calorique seroit descendu dans cette portion du liquide contenu dans le vase, et y auroit

(1) Rumford, *Essai.* VII part. 2. Ch. 2.

par conséquent été conduit. Pour examiner, par exemple, le pouvoir conducteur du mercure, je remplis à moitié de ce métal liquide un vase de verre, et je versai par dessus de l'eau bouillante ; le thermomètre placé à la surface du mercure commença immédiatement à s'élever, ensuite celui du milieu et enfin celui du fond. Le premier monta à 47°.77 centig., le second à 32°.21 centig., et le troisième à 30° centig. ; le premier parvint à son *maximum* d'élévation en 1′, le second en 15′, et le troisième en 25′. J'examinai de même le pouvoir conducteur de l'eau, en versant par dessus de l'huile chaude ; je ne négligeai aucune des précautions nécessaires pour m'assurer de l'exactitude de ces expériences dont le détail, auquel je renvoie, a été exposé dans le journal de Nicholson (1).

Ces expériences ont été depuis confirmées par celle très-ingénieusement imaginée, et effectuée de la manière la plus convaincante, par M. Murray. Pour éviter toute possibilité de communication du calorique par le vaisseau, il en employa un de glace incapable de transmettre aucun degré de chaleur au-delà de zéro. Il répéta dans ce vase les expériences dont je viens

(1) Journ. de Nicholson. IV. 529.

de parler, et il en obtint les mêmes résultats. Le thermomètre monta constamment par l'application d'un corps chaud à la surface du liquide dans lequel il étoit placé (1). M. Dalton a aussi publié dernièrement des expériences presque exactement semblables aux miennes, et offrant les mêmes résultats. On voit par la date de son mémoire, qu'il fit ses expériences, et qu'il en donna communication à la société de Manchester, précisément dans le même tems où je rendois compte des miennes, quoiqu'elles n'aient été publiées qu'environ deux ans après (2); d'après toutes ces expériences, les fluides sont, aussi bien que les solides, des conducteurs du calorique, et par conséquent tous les corps qui nous sont connus jouissent de cette faculté.

[*Faculté relative des corps pour conduire le calorique.*] 11. Si on met l'une des extrémités d'une barre de fer, et d'un morceau de pierre, de mêmes dimensions, dans le feu, et qu'on applique à l'autre extrémité un thermomètre, ou les mains; on reconnoîtra que l'extrémité de la barre de fer est sensiblement chaude longtems avant celle de la pierre. Le

(1) Journ. de Nicholson. I. 8.

(2) Mémoires de Manchester. V.

calorique n'est donc pas conduit dans tous les corps aussi facilement, et avec la même célérité. On appelle *bons conducteurs* ceux des corps qui le laissent aisément passer, et *mauvais conducteurs* ceux qu'il traverse avec difficulté.

On a fait encore trop peu d'expériences sur ce sujet, pour pouvoir déterminer avec précision la limite de la faculté conductrice des corps pour le calorique. Il mérite cependant, par son importance, qu'on s'en occupe d'une manière particulière.

[*Des métaux.*] 12. Les métaux sont de tous les corps solides, jusqu'à présent éprouvés, les meilleurs conducteurs du calorique, mais ils diffèrent entre eux dans leur degré d'énergie de cette faculté. Le docteur Ingenhousz s'étoit procuré des cylindres de mêmes dimensions, de plusieurs espèces de métaux, et les ayant enduits de cire, il les plongea par l'une de leurs extrémités dans l'eau chaude, et évalua la faculté conductrice de chacun d'eux par la durée du tems nécessaire pour fondre la couche de cire qui les recouvroit. Il rangea, d'après ces expériences, le pouvoir conducteur des métaux qu'il avoit examinés, dans l'ordre suivant (1).

---

(1) Jour. de phys 1789. p. 68.

Argent.
Or.
Cuivre, } égaux à-peu-près.
Etain, }
Platine, }
Fer, }
Acier, } inférieurs de beaucoup aux autres.
Plomb, }

[*Des pierres.*] 13. Après les métaux viennent les pierres; mais elles varient considérablement entre elles dans la jouissance de cette faculté; elle est beaucoup plus foible dans les briques que dans la plupart des pierres.

[*Du verre.*] 14. Le verre ne diffère pas beaucoup des pierres relativement à sa faculté conductrice : il est, comme elles, mauvais conducteur. C'est par cette raison qu'il est si susceptible de se briser lorsqu'il est subitement chauffé ou refroidi, une partie du verre recevant le calorique, ou l'abandonnant avant le reste, elle se dilate, ou se contracte, et la cohésion est détruite.

[*Des bois.*] 15. Les bois suivent les pierres (1). M. Meyer a fait une suite d'expériences sur la capacité conductrice d'un grand nombre de bois pour le calorique; on en voit dans la table qui suit les résultats, la capacité de l'eau étant supposée = 1.

(1) Journ. de phys.

Corps.	*Capacité conductrice du calorique.*
Eau.	= 1.00
Ebène.	= 2.17
Pommier	= 2.74
Frêne.	= 3.08
Hêtre	= 3.21
Charme.	= 3.23
Prunier	= 3.25
Orme.	= 3.25
Chêne blanc.	= 3.26
Poirier	= 3.32
Bouleau.	= 3.41
Chêne (*robur sessilis*) . .	= 3.63
Epicéa	= 3.73
Aune	= 3.84
Pin.	= 3.86
Sapin.	= 3.89
Tilleul	= 3.90

[*Du charbon, des plumes, etc.*] Le charbon est aussi un mauvais conducteur du calorique. D'après les expériences de Morveau, son pouvoir à cet égard est à celui du sable :: 2 : 3 (1).

La faculté conductrice des plumes, de la soie, de la laine, du poil, est encore plus foible; c'est ce qui rend l'usage de ces substances préférable comme vêtemens, parce qu'elles transmettent plus difficilement la chaleur du

(1) Ann. de chim. XXVI. 225.

corps que l'air froid extérieur tend à soutirer. Le comte de Rumford a fait une suite d'expériences très-ingénieuses sur la capacité conductrice de ces substances, qu'il a reconnues être en raison inverse de la finesse de leur tissu (1).

[*Faculté relative des liquides pour conduire le calorique.*] 16. On n'a pas encore fait de recherches bien exactes sur le pouvoir conducteur des liquides. J'ai trouvé par expériences que dans l'eau, le mercure, et l'huile de lin, il étoit dans les rapports suivans :

I. *Volumes égaux.*

Eau.	= 1
Mercure.	= 2
Huile de lin	= 1.111

II. *Poids égaux.*

Eau.	= 1
Mercure	= 4.800
Huile de lin	= 1.085

[*Des gaz.*] 17. Quant aux corps gazeux, il est bien reconnu que le refroidissement y a lieu beaucoup plus lentement que dans les liquides : mais comme ce refroidissement peut dépendre de beaucoup d'autres causes que de celle de la faculté conductrice des gaz, il est

(1) Phil. Trans. 1792.

difficile d'en évaluer l'intensité relative par la durée du tems nécessaire pour que les corps chauds qui y sont placés se refroidissent. Le comte de Rumford a trouvé que le refroidissement d'un thermomètre est à-peu-près quatre fois plus prompt dans l'eau que dans l'air à la même température (1). Il s'est également assuré que la raréfaction de l'air diminue sa faculté conductrice, et que c'est dans le vide que les corps chauds refroidissent le plus lentement.

Il étoit facile à M. Leslie, au moyen de la sensibilité de son instrument, d'examiner avec plus de précision qu'on n'avoit pu le faire encore la faculté conductrice des gaz. Il reconnut que dans tous, elle diminue par leur raréfaction, et il crut pouvoir conclure de ses expériences que celle de l'air est à-peu-près comme la racine cinquième de sa densité.

Les vapeurs de toute espèce, ainsi que tout ce qui a de la tendance à dilater l'air, en affoiblissent la faculté conductrice. Cette faculté est à-peu-près égale, dans l'air atmosphérique, le gaz oxigène, et l'azote. Dans le gaz acide carbonique elle est inférieure à celle de l'air; mais les corps chauds refroidissent au moins deux fois plus vîte dans le

(1) Phil. Trans. 1786.

gaz hydrogène que dans l'air ordinaire, et il paroît probable, d'après les expériences de Leslie, que la capacité de ce gaz pour conduire le calorique est quadruple de celle de l'air (1).

SECTION III.

De la distribution égale de température.

On a vu dans la précédente section que le calorique est susceptible de se mouvoir à travers tous les corps, quoiqu'avec plus ou moins de facilité. De cette propriété résulte sa tendance à se distribuer de lui-même dans les corps contigus de manière que l'indication de leur température par le thermomètre soit la même pour tous.

[*Les corps contigus se mettent à la même température.*] 1. Nous pouvons aisément augmenter à volonté la température des corps en les chauffant artificiellement. Ainsi on peut mettre une barre de fer à l'état de chaleur rouge, en la tenant pendant un tems suffisant dans un feu ordinaire; mais si on la retire du feu, et qu'on l'expose à l'air, elle

(1) Leslie, *Recherches sur la nature de la chaleur*, p. 473.

ne conserve pas le calorique qu'elle avoit reçu ; elle le perd, et se refroidit par degrés jusqu'à ce qu'elle arrive à la température des corps environnans. D'un autre côté, si nous rendons une barre de fer plus froide en la tenant pendant quelque tems recouverte avec de la neige, et qu'on la porte ensuite dans une chambre chaude, elle ne se maintiendra pas à la basse température qu'elle avoit, mais elle deviendra successivement plus chaude, jusqu'à ce qu'elle ait acquis la température de la chambre. Il paroît donc qu'aucun corps ne peut conserver une température plus haute au milieu de corps plus froids que lui, non plus qu'une température plus basse, lorsqu'il est environné de corps plus chauds. Le calorique, en quelque quantité qu'il se soit d'abord combiné, finit par se répartir uniformément entre les corps contigus, qui examinés au thermomètre, se trouvent avoir tous été rétablis à la même température. Cette distribution égale du calorique s'opère plus ou moins promptement suivant la dimension, ou la nature du corps ; mais à la fin elle a toujours lieu. Ainsi lorsqu'on mêle ensemble un certain nombre de substances chaudes et froides, elles acquièrent toutes la même température, et cette température acquise est celle moyenne de toutes les températures premières de ces substances. Celles

qui étoient chaudes sont devenues plus froides, et celles qui étoient froides, plus chaudes. Les physiciens ont désigné cette propriété du calorique par l'expression, *équilibre du calorique*; mais il paroît beaucoup plus convenable d'y substituer celle de, *distribution égale de température*.

[*Loi de l'échauffement et du refroidissement des corps.*] 2. On peut tirer des expériences de Kraft et de Richmann (1), faites avec beaucoup de précision, et sur un grand nombre de substances, la conclusion générale suivante. « Lorsqu'un corps est suspendu dans un milieu dont « la température diffère de la sienne, cette différence de la température du corps à celle du « milieu diminue suivant une progression « géométrique dans des tems qui croissent en « progression arithmétique. »

Ou « Le calorique perdu dans des instans « donnés est toujours proportionnel au calorique restant dans le corps. »

Ce fut Isaac Newton qui le premier reconnut cette loi dont il se servit pour calculer plusieurs températures qui ne peuvent être indiquées par l'échelle thermométrique (2).

---

(1) *Nov. Comm.* Pétrop. I. 195.

(2) Cette proposition ne s'applique peut-être strictement

[*Le refroidissement dépend.*] 3. Le calorique que les corps chauds abandonnent successivement jusqu'à ce que leur température soit devenue égale à celle des substances environnantes, est conduit en partie par le milieu dans lequel ils sont plongés, en partie soutiré par les courans qui y sont produits, en le sup-

---

qu'à ceux des corps qui refroidissent dans l'air. Soit H la température d'un corps plus chaud que l'atmosphère, et d la quantité de calorique qu'il perd dans une minute. Il suit, de la loi établie dans le texte, qu'au bout de m minutes, la température sera $H\left(\frac{H-d}{H}\right)m$, et au bout de n minutes $H\left(\frac{H-d}{H}\right)n$; supposons qu'on ait trouvé par expérience ces deux températures, et que la première soit $= A$, et la seconde $= B$. Ces deux équations donneront :

1. $H = A^{\frac{n}{n-m}} B^{\frac{m}{n-m}}$, ou $\log H = \frac{1}{n-m}(n \log. A - m \log B)$.

2. $d = H\left(1 - \frac{B}{A}\right)^{\frac{1}{n-m}}\Big)$.

3. $r =$ marche du refroidissement $= \left(\frac{B}{A}\right)^{\frac{1}{n-m}}$

4. $m = \frac{\log A - \log H}{\log H - d - \log H}$.

Voy. le Journ. de Nicholson. I. 187.

posant fluide, et dans l'amosphère, en partie rayonné de la surface du corps chaud. La marche du refroidissement des corps dans l'air, et dans l'eau, a été examinée avec beaucoup de soin, et de succès, par M. Leslie; quoiqu'il ait négligé de faire mention des travaux de ceux qui l'avoient précédé dans ces recherches, les faits suivans ont été bien clairement établis.

[*De la faculté conductrice.*] La faculté conductrice dépend du milieu. Elle est constante, si les températures, et le milieu le sont aussi; mais elle diminue par degrés, à mesure que la température du corps chaud se rapproche de celle du milieu.

[*Du rayonnement.*] L'effet du rayonnement est également relatif à l'état de la surface du corps chaud. Il est constant, lorsque la même surface est chauffée au même degré, mais, ainsi que le pouvoir conducteur, il diminue à mesure que la température du corps chaud se rapproche de celle du milieu. Le corps chaud n'émet point de calorique par rayonnement lorsqu'il est plongé dans les milieux liquides, c'est dans ceux élastiques seulement que cet effet à lieu.

[*Des courans.*] La portion du milieu en contact avec le corps chaud acquiert, lorsqu'elle en reçoit du calorique, une pesanteur spécifique

différente de celle qu'elle avoit, elle cède en conséquence sa place à une portion nouvelle qui, étant chauffée à son tour, suit la précédente, et de cette manière il s'établit un courant qui accélère de beaucoup la marche du refroidissement. Il est bon d'observer que la vîtesse de ce courant devant être d'autant plus grande que la température du corps chaud sera plus élevée, l'effet en diminuera à mesure que la différence entre la température du corps chaud et celle du milieu deviendra moindre. En augmentant artificiellement ces courans, il est évident qu'on accélérera proportionnellement la marche du refroidissement, et tel est sur celui des corps chauds, l'effet des vents. Il paroît résulter des expériences de Leslie que toutes choses égales d'ailleurs, le pouvoir réfrigérant d'un courant d'air est proportionnel à sa vîtesse, ou ce qui est la même chose, à la vîtesse de mouvement du corps chaud dans le milieu plus froid. Ainsi une boule chaude dont la température, dans un air calme, s'abaisseroit d'un certain nombre de degrés en 120′, perd, en l'agitant dans cet air avec des vîtesses différentes, la même quantité de calorique, dans des tems qui diminuent comme la vîtesse augmente; c'est ce qu'on peut voir dans la table suivante.

Vitesse.	*Tems du refroidissem.*
De 2160 millim. par seconde. . .	60′
De 6480.	30′
De 19440.	12′

En déduisant, dans les résultats, l'influence ordinaire de l'air sur le refroidissement, on le trouve exactement accéléré en raison de l'accroissement de vîtesse (1).

[*Equilibre du calorique.*] 4. Dès qu'on eut reconnu que les corps contigus s'établissoient à la même température, les physiciens essayèrent d'expliquer ce phénomène. Suivant de Mairan, et d'autres écrivains du commencement du dix-huitième siècle, le calorique est un fluide qui pénètre tout l'espace et dans lequel les corps ne font que flotter comme une éponge dans l'eau, sans avoir aucune affinité quelconque pour lui. La conséquence de cette supposition étoit une tendance constante à une égalité de densité, en vertu de laquelle, lorsqu'il y avoit trop de calorique accumulé dans un corps, il s'en écouloit. De même, lorsqu'il y en avoit trop peu dans le corps, il en attiroit jusqu'à ce que son équilibre de densité fût rétabli.

Cette hypothèse ne peut se concilier avec les

(1) Leslie, p. 281.

phénomènes dont elle avoit pour objet de donner l'explication. Si elle étoit vraie, tous les corps pourroient s'échauffer et se refroidir avec la même facilité, et le calorique séjourner aussi longtems au foyer d'une lentille que dans un globe d'or de même diamètre. Cette théorie ne s'accorde pas davantage avec ce qui a été dit dans la première section de ce chapitre sur la nature du calorique, que nous y avons considéré comme un corps très-différent du fluide supposé de de Mairan.

[*Hypothèse de Pictet.*] 3. Pictet a donné une autre explication beaucoup plus ingénieuse de la distribution égale de la température. Suivant lui, la force de répulsion entre les molécules du calorique accumulé dans un corps quelconque, est augmentée à raison de ce que la distance entre ces molécules devient moindre; elles sont donc écartées les unes des autres dans tous les sens; elles tendent à se séparer et à s'échapper du corps, jusqu'à ce qu'arrêtées par le calorique d'autres corps d'une même densité relative, elles soient à leur tour repoussées vers le corps d'où elles tendoient à sortir, et forcées d'y rester. La distribution égale de température dépend donc du balancement de deux forces opposées : la répulsion entre les molécules du calorique dans le corps, qui tend à en diminuer la tem-

pérature, et celle qui s'établit entre le calorique du corps et le calorique ambiant, dont l'effet est de l'élever. Lorsque c'est la première de ces forces qui l'emporte, c'est-à-dire lorsque la température d'un corps est plus grande que celle des corps environnans, le calorique est chassé du corps, et il devient plus froid : lorsque c'est l'autre force qui domine, comme, lorsqu'un corps est plus froid que ceux qui l'entourent, les molécules de son calorique sont forcées de se rapprocher les unes des autres, l'espace qu'elles laissent par ce rapprochement est occupé par une nouvelle quantité de calorique qui entre dans le corps, et il devient plus chaud. Lorsque les deux forces sont égales, les corps sont à la même température, et il ne se produit entre eux aucun changement (1).

Mais quelque séduisante que puisse paroître cette explication, elle a été abandonnée par M. Pictet, lui-même, lorsqu'il a reconnu qu'elle ne s'accordoit pas avec les phénomènes de l'échauffement et du refroidissement des corps.

[*Opinion de Prevost.*] 6. L'opinion la plus généralement admise à présent, et qui se concilie de la manière la plus satisfaisante avec les faits, est celle de Prevost, publiée d'abord en 1791

(1) Pictet, *sur le Feu*, chap. 1.

dans le *Journal de Physique*, ainsi que dans un *Essai sur l'équilibre du calorique*, et détaillée depuis plus au long dans ses *Recherches sur la chaleur* (1).

Pictet adopta bientôt après cette théorie (2), et elle a été dernièrement appliquée avec beaucoup de sagacité par Prevost aux expériences de Herschell et de Pictet (3). Elle consiste à considérer le calorique comme un fluide *discret*, dont chaque molécule, lorsqu'il est à l'état de liberté, se meut avec une vîtesse extrême. Les corps chauds émettent des rayons calorifiques dans tous les sens, mais les molécules en sont tellement écartées que plusieurs courans de ces rayons peuvent, comme ceux de la lumière, s'entrecroiser sans se troubler mutuellement dans leur route. Si l'on suppose donc deux espaces voisins où le calorique abonde, il devra y en avoir un échange continuel entre ces deux espaces. Si dans les deux, le calorique est en même quantité les échanges seront égaux, et la température continuera d'être la même ; mais si l'un en contient plus que l'autre, il y aura inégalité dans les échanges, l'espace le moins chaud

(1) Genève. 1792.
(2) Biblioth. britan. IV. 30.
(3) Phil. Trans. 1802, p. 403.

recevra plus de calorique qu'il n'en donnera, et par une répétition continuelle de cet échange inégal, l'équilibre de température se rétablira. Si l'on suppose un corps placé dans un milieu plus chaud que lui, et dont la température est constante, on pourra considérer le calorique de ce milieu comme consistant en deux parties, dont l'une est égale à la portion que le corps en contient, et l'autre à celle d'où résulte la différence de température entre le corps et le milieu; et, comme à l'égard de la première, les échanges entre le corps et le milieu se balancent et sont égaux, c'est la seconde seulement, ou celle qui produit l'excès de température, qu'il s'agit de considérer. Or, relativement à cet excès, le corps est absolument froid ou dépourvu de calorique. Si dans une seconde le corps reçoit 0.1 de cet excès de calorique, cet excès ne sera plus à la fin de la première seconde que de 0.9, il en passera encore 0.1 dans le corps pendant la seconde suivante, et l'excès à la fin de cette seconde ne sera plus que des 0.9 des 0.9 ou des $(0.9)^2$; à la fin de la troisième seconde cet excès sera réduit à la troisième puissance de 0.9 ou à $(09.)^3$, il sera à la quatrième puissance des 0.9, ou à $(0.9)^4$, à la fin de la quatrième seconde, et ainsi de suite, de sorte que, suivant la loi observée

par Richmann, les tems croissant en progression arithmétique, les différences d'excès diminueront en progression géométrique.

On voit, par cet exposé de la théorie de Prevost, qu'elle est entièrement fondée sur le rayonnement du calorique, et que la faculté des corps pour le conduire n'y entre point en considération. On ne peut, à la vérité, révoquer en doute le rayonnement du calorique; il est même extrêmement probable que c'est par lui que s'opère la distribution égale de température qui n'auroit lieu que très-lentement, et peut-être même jamais complètement par la seule faculté conductrice du calorique; mais en même tems, on ne peut disconvenir que cette dernière propriété des corps, n'influe d'une manière sensible sur la durée du tems nécessaire pour que les corps contigus arrivent à l'égalité de température. L'hypothèse de Prevost pourroit donc être regardée comme imparfaite en cela seul qu'il n'y a pas eu égard à cette circonstance.

SECTION IV.

Des effets du calorique.

Après avoir considéré la nature du calorique, la manière dont il se meut dans les corps, dont il s'y distribue de lui-même, c'étoit ici le lieu d'examiner les effets qu'il produit sur eux, soit qu'il les pénètre soit qu'il s'en dégage. On verra que la connoissance de ces effets est de la plus grande importance, sous le double rapport de l'immense pouvoir additionnel qu'ils mettent en notre possession, et de la facilité qu'ils nous présentent pour comprendre, et expliquer un grand nombre des plus importans phénomènes de la nature. Les effets du calorique sur les corps peuvent se réduire aux trois principaux suivans; savoir, 1°. changement dans leur volume; 2°. changement dans leur état; 3°. changement dans leur combinaison. C'est dans cet ordre que nous allons les examiner séparément.

1. *Des changemens dans le volume.*

[*Expansion.*] On peut établir comme règle générale, que toute altération de calorique dans un

corps produit un changement correspondant dans son volume. Il augmente, si le corps reçoit du calorique en plus ; il diminue s'il lui en est soustrait. Les exceptions à cet égard sont très-rares ; elles n'ont même lieu qu'à de certaines températures particulières, pour un très-petit nombre de corps, qui dans toutes les autres températures, suivent la loi commune de l'accroissement de leur volume lorsqu'ils sont chauffés, et de sa diminution par le refroidissement. On peut donc considérer l'*expansion* comme un des effets les plus généraux du calorique, et même des plus importans, puisqu'il nous fournit les moyens de mesurer tous les autres. Ces effets varient dans les différens corps.

1. Quoique tous les corps soient dilatés par la chaleur, et contractés par le froid, et que cette expansion, dans le même corps, soit toujours proportionnelle à quelque fonction de la quantité de calorique ajoutée ou soustraite, on a cependant reconnu que différens corps varioient considérablement dans leur degré de dilatation, ou de contraction, absolues. En général, ce sont les corps gazeux qui sont susceptibles de la plus grande expansion. Dans les liquides, cette faculté est moindre, elle est la plus foible dans les solides. Ainsi, 2700 millim. cubes d'air atmosphérique, chauffé de zéro à 100° cent.

en produisent 3712 ; tandis que la même augmentation de température ne porte le volume de 2700 millim. cubes d'eau qu'à 2821 millim., et que celui de 2700 millim. cubes de fer s'élève à peine à 2703 millim. cubes. On voit dans cette expérience que la dilatation de l'air est de plus de huit fois celle de l'eau, et la dilatation de l'eau environ quarante-cinq fois celle du fer.

[*Expansion des gaz.*] 2. La connoissance exacte de la dilatation des corps gazeux étant souvent d'une grande importance dans les recherches chimiques, on a fait beaucoup d'expériences pour la déterminer; mais les résultats en ont été si variés et tellement discordans, qu'il n'avoit pas été jusqu'à présent possible d'y parvenir. La principale cause d'incertitude dans ces résultats provenoit de ce que les vaisseaux employés à la mesure de cette expansion des gaz n'ayant pas été assez complètement dépouillés d'eau, l'application du calorique en convertissoit des portions en vapeur dont le mélange avec le gaz empêchoit de distinguer le changement réel de volume qu'il avoit éprouvé. C'est à cette circonstance qu'on doit attribuer la différence des déterminations de Deluc, Roy, Saussure, Divernois, etc. ; heureusement que cet objet a dernièrement fixé l'attention de deux physiciens connus par leur sagacité, et leur

précision, qui, par leurs expériences, faites avec toutes les précautions convenables, nous ont donné la solution du problême. Celles de M. Dalton ayant été lues à la Société philosophique de Manchester au mois d'octobre 1801, et publiées en 1802 (1), c'est à lui qu'appartient l'honneur de la découverte de la loi de la dilatabilité des corps gazeux, car ce ne fut que plus de six mois après que parut la dissertation de M. Gay-Lussac sur le même sujet (2). Les expériences de M. Dalton sont remarquables par la simplicité de l'appareil dont il s'est servi, et par la facilité qui en résulte pour les répéter. Cet appareil consiste uniquement dans un tube de verre, ouvert à l'une de ses extrémités et divisé en parties égales. On y introduit, après l'avoir convenablement desséché, le gaz qu'on veut examiner, et on remplit le tube de mercure depuis son extrémité jusqu'à un point donné. On y applique alors la chaleur, et on évalue la dilatation de l'air par la quantité de mercure qui en est poussée dehors. L'appareil de M. Gay-Lussac, beaucoup plus compliqué, n'en est pas moins de la même précision; et comme ses expé-

(1) Mémoires de Manchester. V. 595.
(2) Ann. de chim. XLIII. 137.

riences ont été faites sur des volumes d'air plus considérables, la coïncidence de leurs résultats avec ceux obtenus par M. Dalton ajoute singulièrement à la confiance qu'on peut y avoir.

[*L'expansion est la même dans tous les corps gazeux.*] D'après les expériences de ces physiciens, tous les corps gazeux quelconques éprouvent la même expansion par l'addition d'une quantité égale de calorique, lorsqu'ils sont placés dans les mêmes circonstances. Il suffit alors de connoître la loi d'expansion que suit un corps gazeux quelconque pour pouvoir déterminer avec précision la mesure de la dilatation de tous. Maintenant, on voit par les expériences de Gay-Lussac, que l'air chauffé de zéro à 100° centig., est dilaté de 100 parties à 137.5, et que par conséquent l'augmentation de volume pour 100° centig. est de 37.5; et en la divisant par le nombre de degrés qui l'ont produite, on trouvera qu'elle est pour chaque degré du thermomètre centigrade de 0.375. M. Dalton trouva que cette augmentation totale de volume étoit, pour 100 parties d'air chauffé de 12°.77 centigr. à 100°, de 32.5, et par conséquent de 0.372 par chaque degré de l'échelle centigrade, ce qui diffère de la détermination de Gay-Lussac tout aussi peu qu'on pouvoit l'attendre d'expériences aussi délicates.

[*L'expansion est à-peu-près égale.*] Les expériences de Dalton semblent prouver que la dilatation de l'air est presque parfaitement uniforme, c'est-à-dire, que la même augmentation de volume a lieu par la même addition de calorique à toutes températures différentes. Il est cependant vrai que l'étendue de dilatation semble diminuer à mesure que la température augmente. Ainsi la dilatation de 12°.77 centig. à 5 6.39, ou des premiers 43°.66 centig., étoit de 167 parties, lorsque celle de 56°.39 centig. à 100, ou des derniers 43°.61 centig. n'étoit que de 158 parties, ou de 9 parties de moins ; mais M. Deluc a démontré que le thermomètre n'étoit point un instrument exact pour la mesure de l'augmentation de calorique.

Il semble résulter des expériences de Gay-Lussac, que la vapeur de l'eau, et celle de l'éther sulfurique, sont susceptibles du même degré de dilatation que l'air, par la même élévation dans leur température. On en peut alors conclure que tous les fluides élastiques se dilatent également et uniformément par les mêmes quantités de calorique. La table suivante indique le volume d'une quantité donnée d'air à toutes les températures de zéro à 100° centig.

Dilatation de l'air.

TEMPÉRATURE.		VOLUME.	TEMPÉRATURE		VOLUME.	TEMPERATURE.		VOLUME.
Fahr.	Centigr.		Fahr.	Centigr.		Fahr.	Centigr.	
32°	0°	100000	59°	15°00	105616	86°	30°00	111232
33	0.55	100208	60	15.55	105824	87	30.55	111440
34	1.11	100416	61	16.11	106032	88	31.11	111648
35	1.66	100624	62	16.66	106240	89	31.66	111856
36	2.22	100832	63	17.22	106448	90	32.22	112064
37	2.77	101040	64	17.77	106656	91	32.77	112272
38	3.33	101248	65	18.33	106864	92	33.33	112480
39	3.88	101456	66	18.88	107072	93	33.88	112688
40	4.44	101664	67	19.44	107280	94	34.44	112896
41	5.00	101872	68	20.00	107488	95	35.00	113104
42	5.55	102080	69	20.55	107696	96	35.55	113312
43	6.11	102288	70	21.11	107904	97	36.11	113520
44	6.66	102496	71	21.66	108112	98	36.66	113728
45	7.22	102704	72	22.22	108320	99	37.22	113936
46	7.77	102912	73	22.77	108528	100	37.77	114144
47	8.33	103120	74	23.33	108736	110	43.33	116224
48	8.88	103328	75	23.88	108944	120	48.88	118304
49	9.44	103536	76	24.44	109152	130	54 44	120384
50	10.00	103744	77	25.00	109360	140	60.00	121464
51	10.55	103952	78	25.55	109568	150	65.55	24544
52	11.11	104160	79	26.11	109776	160	71.11	126624
53	11.66	104368	80	26.66	109984	170	76.66	128704
54	12.22	104576	81	27.22	110192	180	82.22	130784
55	12.77	104784	82	27.77	110400	190	87.77	132864
56	13.33	104992	83	28.33	110608	200	93.33	134944
57	13.88	105200	84	28.88	110816	210	98.88	137024
58	14.44	105408	85	29.44	111024	212	100.00	137440

[*Dilatation des liquides.*] 3. La dilatation des liquides diffère de celle des fluides élastiques non-seulement en quantité, mais encore parce qu'elle n'a pas uniformément lieu par des additions égales de calorique. Cette différence paroît provenir de la fixité, ou de la volatilité des parties composantes de ces corps; car en général ceux dont l'ébullition a lieu aux températures les plus basses, ou qui contiennent quelque principe susceptible de prendre facilement la forme gazeuse, sont aussi ceux qui se dilatent le plus par une quantité donnée de calorique ajouté. Ainsi, par une même augmentation de température, le mercure se dilate beaucoup moins que l'eau qui entre en ébullition à une température inférieure à celle qu'exige le mercure, et, par la même raison, la dilatation de l'alcool est beaucoup plus considérable que celle de l'eau. L'acide nitrique se dilate également beaucoup plus que l'acide sulfurique, non-seulement parce qu'il entre en ébullition à une température moins élevée, mais encore parce qu'une portion de cet acide a de la tendance à prendre la forme d'un fluide élastique. Cette règle de la dilatation des liquides est au moins celle que j'ai reconnue dans tous ceux que j'ai jusqu'ici examinés sous ce rapport, et j'en conclus qu'on peut considérer comme un fait assez général,

que l'expansibilité des liquides est à-peu-près en raison inverse de leur température d'ébullition.

[*Augmente avec la température.*] 4. Une autre circonstance relative à la dilatation des liquides mérite une attention particulière. L'expansibilité de chacun d'eux semble augmenter avec la température ; ou, en d'autres termes, plus un liquide est voisin de son terme d'ébullition, et plus grande est la dilatation qu'il éprouve par l'addition d'un degré de calorique, et d'un autre côté, plus la température d'un liquide s'éloigne de celle à laquelle il commence à bouillir, et plus l'augmentation produite dans son volume par l'addition d'un degré de calorique est moindre ; il en résulte que l'expansibilité des liquides augmente d'autant plus lentement que le terme d'ébullition est plus élevé.

[*Avec leur densité.*] 5. Ces observations suffisent pour nous faire juger que la densité des fluides n'influe en aucune manière sur leur faculté de dilatation, mais qu'elle dépend de la quantité de calorique qui leur est nécessaire pour les amener à l'état d'ébullition et les convertir en fluides élastiques. Nous ignorons entièrement jusqu'à présent pourquoi ce changement d'état exige, dans différens liquides, des températures diverses.

6. La table suivante donnera une idée exacte

de la marche de la dilatation dans ceux de ces liquides examinés jusqu'à présent.

TEMPÉRATURE.		MERCURE.	HUILE DE LIN.	ACIDE SULFURIQUE.	ACIDE NITRIQUE.	EAU.	HUILE DE THÉRÉBENT.	ALCOOL.
Fahr.	Centigr.							
32°	0°	100000	100000	—	—	—	—	100000
40	4.44	100081	—	99752	99514	—	—	100539
50	10.	100183	—	100000	100000	100023	100000	101105
60	15.55	100304	—	100279	100486	100091	100460	101683
70	21.11	100406	—	100558	100990	100197	100993	102281
80	26.66	100508	—	100806	101530	101332	101471	102890
90	32.22	100610	—	101054	102088	100694	101931	103517
100	37.77	100712	102760	101317	102620	100908	102446	104162
110	43.33	100813	—	101540	103196	—	102948	—
120	48.88	100915	—	101824	103776	101404	103421	—
130	54.44	101017	—	102097	104352	—	103954	—
140	60.00	101119	—	102320	105132	—	104577	—
150	65.55	101220	—	102614	—	102017	—	—
160	71.11	101322	—	102893	—	—	—	—
170	76.66	101424	—	103116	—	—	—	—
180	82.22	101526	—	103339	—	—	—	—
190	87.77	101628	—	103587	—	103617	—	—
200	93.33	101730	—	103911	—	—	—	—
212	100.0	101885	107250	—	—	104577	—	—

[*Dilatation des solides.*] 7. La dilatation des corps solides est si peu considérable qu'on ne peut reconnoître leur augmentation de volume qu'à l'aide d'un micromètre. Autant qu'on en peut juger, cette dilatation est égale, au moins sa déviation d'une uniformité parfaite est-elle insensible. La table suivante présente la dilatation de la plupart des solides, dans lesquels on a cherché à évaluer cette propriété, par des expériences faites, en grande partie, par Smeaton.

TEMPÉRATURE. Fahr.	Centigr.	PLATINE.	OR.	ARTIMOINE.	ACIER.	FER.
32°	0°	100000	100000	100000	100000	100000
212	100	100087	100094	100109	100112	100126

TEMPÉRATURE. Fahr.	Centigr.	FONTE DE FER.	BISMUTH.	ARGENT.	CUIVRE.	FONTE DE CUIVRE.
32°	0°	100000	100000	100000	100000	100000
212	100	100111	100139	100189	100170	100188

TEMPÉRATURE. Fahr.	Centigr.	FIL DE CUIVRE.	ETAIN.	PLOMB.	ZINC.	ZINC écroui.
32°	0°	100000	100000	100000	100000	100000
212	100	100194	100238	100287	100296	100308

TEMPÉRATURE. Fahr.	Centigr.	ZINC 8. ETAIN 1.	PLOMB 2. ETAIN 1.	CUIVRE jaune 2. ZINC 1.	POTÉE D'ÉTAIN.	CUIVRE 8. ETAIN 1.
32°	0°	100000	100000	100000	100000	100000
212	100	100259	100251	100205	100228	100182

[*Dilatation du verre.*] La connoissance de la dilatation du verre est un objet bien important à raison de l'influence qu'elle a sur les résultats de la plupart des expériences sur la température. M. Deluc a examiné cette dilatation avec beaucoup de soin, et il en a établi ainsi la marche.

Températ. Volume.	Températ. Volume.	Températ. Volume.
Ech. cent.	Ech. cent.	Ech. cent.
0°... 100000.	37°.91. 100023.	75°... 100056.
10.... 100006.	48.88. 200033.	88.2.. 100069.
21.10. 100014.	65.55. 100044.	100.... 100083.

Il paroît, par cette table, que lorsque le verre est chauffé d'un degré, la dilatation qu'il éprouve est d'environ les 0.000005 du volume total. Le verre examiné par Deluc étoit de la nature de ceux qu'on emploie pour la confection des tubes de thermomètres et baromètres : mais la dilatation de cette substance doit varier considérablement selon les circonstances : ainsi, suivant Ramsden, la dilatation d'un verre solide en baguette, chauffé de 0° à 100° centig. étoit de 0.0096944, et celle d'un tube de verre, dans les mêmes circonstances, de 0.0093138. Smeaton trouva que la dilatation d'un tube de baromètre

chauffé au même degré, s'élevoit à 0.0100 (1). Le volume original de ces verres étoit 12.000.

[*Thermomètres.*] 8. La propriété qu'ont les corps de se dilater par l'application du calorique nous a fourni les moyens d'en mesurer les températures relatives. L'instrument dont on se sert à cet effet, et auquel on a donné le nom de *thermomètre*, consiste simplement dans un tube creux de verre hermétiquement scellé à l'une de ses extrémités et dont l'autre se termine par une *boule* qui y est soufflée. On remplit de mercure cette boule ainsi qu'une partie du tube. Si la boule est plongée dans un corps chaud, le mercure se dilate et s'*élève* par conséquent dans le tube, si c'est dans un corps froid, le mercure se contracte et descend dans le tube. L'ascension du mercure dans ce tube indique l'augmentation de température, et son abaissement sa diminution,

---

(1) En supposant que la dilatation des métaux soit uniforme, celle d'une masse de métal chauffée à un nombre de degrés déterminé sera ainsi qu'il suit.

Soit $a =$ la dilatation de la masse en longueur pour 1°. qu'on aura trouvée par expérience; $b =$ le nombre de degrés dont on veut connoître la dilatation; $S =$ le solide que représente la masse métallique; $X =$ la dilatation cherchée; on aura $X = 3\,baS$.

et c'est par la quantité dont il monte, ou descend, qu'on détermine la proportion de l'un ou l'autre effet. Pour faciliter l'observation, le tube est divisé en un certain nombre de parties égales appelées degrés.

On attribue l'invention, vers le commencement du 17e. siècle, du premier thermomètre dont on ait fait usage, à Sanctorius, le fondateur célèbre de la médecine statique. Cet instrument, grossièrement fait d'abord, fut perfectionné par les académiciens de Florence, et par Boyle; mais ce fut Isaac Newton qui en rendit l'usage véritablement utile, en donnant le moyen de construire les thermomètres de manière qu'ils fussent comparables entre eux.

Si l'on plonge un thermomètre, autant de fois qu'on voudra, dans de la neige fondante, il indiquera toujours le même degré, et restera stationnaire à ce point. On obtiendra le même effet, ainsi que l'observa le docteur Hooke, par son immersion, répétée à volonté, dans de l'eau bouillante, pourvu que la pression de l'atmosphère reste la même. Il s'ensuit que la neige commence toujours à fondre à la même température, et que, toutes choses égales d'ailleurs, le terme de l'ébullition de l'eau est constant. Si donc en construisant un thermomètre on marque les deux points auxquels le mercure se sera

arrêté dans le tube, lorsqu'il aura été successivement plongé dans la neige fondante et dans l'eau bouillante, et qu'on divise l'intervalle entre ces deux points en un nombre quelconque de parties égales, comme celui de 100, en désignant par zéro le point de station du mercure dans la neige fondante, et par 100 celui dans l'eau bouillante, tout autre thermomètre construit d'une manière semblable indiquera le même degré que celui-ci, lorsqu'on leur appliquera, à l'un et à l'autre, un corps à la même température. Tous les thermomètres ainsi établis peuvent donc être comparés ensemble, et on en étendra à volonté l'échelle au-delà du point de l'ébullition de l'eau, ou au-dessous de celui de la neige fondante.

C'est bien Newton qui a le premier donné cette méthode de fabrication de thermomètres (1) comparables, mais l'exécution en a été depuis considérablement simplifiée par M. Fahrenheit d'Amsterdam, et par le docteur Martine de St.-Andrew (2). Le mercure est le liquide qui convient le mieux pour les thermomètres, parce qu'à raison de ce que ses deux points de congélation, et d'ébullition, sont très-éloignés l'un de l'autre,

(1) Phil. Trans. Abr. IV. 1.

(2) Sur la construction et graduation des thermomètres.

sa dilatation est la plus uniforme. On fait actuellement usage en Europe, de quatre espèces de thermomètres, qui ne diffèrent entre eux que par le nombre de degrés dans lesquels l'espace entre les deux points de la congélation et de l'ébullition a été divisé ; ces thermomètres sont ceux de Fahrenheit, Celsius, Réaumur et Delisle.

On se sert en Angleterre du thermomètre de Fahrenheit. L'intervalle entre les deux points est divisé en 180°, mais l'échelle commence à la température produite par un mélange de neige et de muriate de soude, qui est de 32° au-dessous du terme de congélation ; ce terme dans ce thermomètre est donc 32°, et celui de l'eau bouillante de 212.

Le thermomètre de Celsius est celui qu'on emploie en Suède, et qu'on a adopté en France, depuis la révolution, sous la dénomination de *thermomètre centigrade*. L'échelle y est divisée en 100 degrés ; elle commence au point de la congélation qui y est indiqué par zéro et finit à celui de l'eau bouillante qui en est le 100me. degré (1).

---

(1) Conséquemment les degrés de Fahrenheit sont à ceux de Celsius :: 180 : 100 :: 9 : 5; c'est-à-dire que 9 degrés de Fahrenheit n'en font que 5 de Celsius ; ainsi

Le thermomètre connu sous le nom de thermomètre de Réaumur, mais qui est réellement de la construction de Deluc, étoit en usage en France avant la révolution, et l'est encore en Italie, et en Espagne. L'espace entre les deux termes y est divisé en 80°. Celui de la congélation est marqué par 0, 80 est celui de l'eau bouillante (1).

On se sert en Russie du thermomètre de Delisle. La division entre les deux termes est de 150°, mais elle commence à celui de l'eau bouillante qui est le 0 de l'échelle, et les degrés y vont en augmentant vers le point de refroidissement qui en est le 150ème. (2).

9. Lorsqu'on fait des expériences avec le ther-

---

la réduction des degrés de Celsius à ceux de Fahrenheit sera $F = \frac{9\,C}{5} + 32$.

(1) Par conséquent $180° F = 80 R$, ou $9 F = 4 R$; donc $F = \frac{9\,R}{4} + 32$.

(2) Ainsi $180 F = 150° D$, ou $6 F = 5 D$. Pour réduire les degrés du thermomètre de Delisle au-dessous du terme de l'eau bouillante à ceux de Fahrenheit, on aura $F = 212 \frac{-6\,D}{5}$; et pour réduire ceux au-dessus $F = 212 + \frac{6\,D}{5}$.

momètre, on doit toujours se rappeler que par sa graduation ordinaire, il ne nous donne pas une mesure exacte de l'augmentation de la chaleur; car, comme la dilatation du mercure pour chaque degré de température augmente avec elle, il est évident qu'à moins qu'on ne tienne compte de cet accroissement, le degré indiqué par le thermomètre ne sera pas celui du nombre de degrés de chaleur ajoutée, ou soustraite par un corps, mais un autre nombre qui s'éloignera d'autant plus du véritable que la température qu'il désigne sera élevée. Ainsi en supposant, dans le thermomètre de Fahrenheit, par exemple, la température moyenne entre les deux termes de la congélation et de l'ébullition de l'eau indiquée par 122°, si on étend l'échelle au-delà, le point de l'ébullition de l'eau ne se trouvera pas être de 212°, comme cela auroit dû avoir lieu si l'échelle avoit été uniforme; mais il sera de 218.4. D'un autre côté, en fixant comme on le fait ordinairement dans la confection de ce thermomètre, le degré du refroidissement à 32°, et celui de l'ébullition de l'eau à 212°, la température moyenne entre ces deux termes ne sera pas de 122°, mais de 118.8.

[*Exceptions aux lois de la dilatation.*] 10. Après avoir considéré les phénomènes, et les lois de la dilatation qui nous sont connus, il

convient de parler des exceptions que présente cet effet général de la chaleur, c'est-à-dire des cas où la dilatation produite ne résulte pas d'une augmentation, mais bien d'une diminution de température. Ces exceptions peuvent être divisées en deux classes ; dans la première, on comprend ceux des corps liquides dont le *maximum* de densité correspond à une certaine température, et qui étant chauffés ou refroidis à partir de ce point, éprouvent dans l'un et l'autre cas, une dilatation ou une augmentation de volume. On rangera dans la seconde classe certains liquides qui devenant soudainement solides par l'abaissement de leur température à un certain degré, acquièrent par cette solidification un accroissement de volume.

[*Maximum de densité de l'eau à* + 4°.44 *centigrades.*] 11. L'eau est actuellement considérée par le plus grand nombre des chimistes, comme fournissant un exemple remarquable d'exception de la première classe. Ce liquide est supposé être à son *maximum* de densité à la température de 4°.44, au-dessus de zéro de l'échelle centigrade ; s'il est refroidi au-dessous de ce terme, il se dilate à mesure que sa température diminue ; s'il est chauffé au-delà, son volume s'accroît de la même manière, comme sa température augmente. Ainsi la chaleur pro-

duit deux effets opposés sur l'eau selon la température de ce liquide : celui de contraction, ou de la diminution de son volume, à la température de + 4°.44 centig. jusqu'à zéro et au dessous, et celui de sa dilatation à partir de + 4°.44 jusqu'à 100° centig. et au dessus. Telle est l'opinion actuellement presque généralement admise, et considérée comme étant le résultat des expériences les plus exactes.

Les faits qui amenèrent à cette conclusion furent observés pour la première fois par les académiciens de Florence, dont les expériences furent publiées dans les Transactions Philosophiques pour 1670 (1). Après avoir rempli d'eau un globe de verre terminé par un col étroit et gradué, ils le placèrent dans un mélange de neige et de muriate de soude. Au moment où le globe toucha le mélange, l'eau s'éleva un peu dans le col, et puis elle redescendit lentement à mesure qu'elle fut affectée par le froid ; mais au bout d'un certain tems, elle commença à s'élever de nouveau et continua ainsi d'une manière lente et uniforme, jusqu'à ce qu'une portion eût été convertie en glace. Alors elle monta tout-à-coup avec un mouvement des plus rapides. Le docteur Croune attira

(1) Phil. Trans. n°. 66, ou vol. V, p. 2020. Abrégé, I. 540.

bientôt après l'attention de la Société royale sur cette circonstance particulière d'expansion, en lui faisant part, en 1683, des résultats d'une expérience analogue à celle des académiciens de Florence, qu'il avoit faite, et de laquelle il tiroit la conclusion, que l'eau commence à se dilater par le froid à un certain degré de température au-dessus de celui de sa congélation. Le docteur Hooke objecta à cette conclusion que la dilatation n'étoit qu'apparente, et qu'elle n'étoit due qu'à l'excès de la contraction du vaisseau sur celle de l'eau qu'il contenoit. D'après cette observation, on répéta l'expérience en refroidissant le vase dans un mélange frigorifique, avant de le remplir d'eau. Cette précaution ne changea rien à l'effet, qui fut absolument le même que celui précédemment obtenu (1). Par ses recherches sur cette propriété de l'eau, M. Deluc est le premier qui essaya de déterminer le degré exact de température auquel cette expansion de l'eau par le froid commence d'avoir lieu. Il plaça ce terme à 5° centigr. au-dessus de zéro, et il estima qu'à partir de ce point l'expansion est à-peu-près égale pour le même nombre de degrés d'élévation ou de diminution de température, et qu'ainsi la densité de ce liquide est la même à la température de zéro, et

(1) Histoire de la Société royale de Birche. IV. 253.

à celle de 10° centigr. au-dessus. M. Deluc avoit négligé, dans ses expériences, de tenir compte de la contraction du verre dans les tubes de thermomètre dont il se servoit ; mais dans les expériences faites en 1790, par Charles Blagden et M. Gilpin, cette correction ne fut point oubliée. Pour déterminer avec précision la pesanteur spécifique de l'eau, ils la pesèrent exactement dans une bouteille de verre, à chaque degré de température de zéro à 100° centig. ; ils en établirent ainsi le *maximum* de densité à 3°.89 centigr. au-dessus de zéro, et ils reconnurent que cette densité diminuoit à-peu-près également par un même changement de température au-dessus ou au-dessous de ce terme. La table qui suit indique le volume de l'eau correspondant, d'après leurs expériences, aux degrés de température au-dessus et au-dessous de 3°.89 centigr. (1).

(1) Phil. Trans. 1792. p. 428.

PESANTEUR SPÉCIFIQUE	VOLUME de l'eau.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.		TEMPÉRATURE Éch. centigr.		VOLUME de l'eau.	PESANTEUR SPÉCIFIQUE
	100094	39°		3°89		1.00094	
1.00000	94	38°	40°	3.33°	4°44	94	1.00000
0.99999	93	37	41	2.77	5.00	93	0.99999
0.99998	92	36	42	2.22	5.55	92	0.99998
0.99996	90	35	43	1.66	6.11	90	0.99996
0.99994	88	34	44	1.11	6°66	88	0.99994
0.99991	85	33	45	0.55	7.22	86	0.99992
0.99988	82	32	46	0.	7.77	83	0.99989

M. Dalton obtint à-peu-près le même résultat que Deluc, d'une suite d'expériences qu'il fit sur le même sujet, et qu'il publia en 1802. Il trouva, mais sans aucune correction relative à la contraction du verre, que le *maximum* de densité étoit à 5°.83 centi. au-dessus de zéro, et il reconnut, ainsi que l'avoit déja observé Blagden, qu'à partir de ce point, la variation d'un même nombre de degrés, en augmentation ou en diminution de température, produit la même altération dans le volume de l'eau, et que l'eau

continue à se dilater, à quelque degré que par un refroidissement lent et exempt de toute agitation, sa température puisse être abaissée au-dessous du terme de sa congélation, sans qu'elle ait lieu (1).

Jusque-là toutes ces expériences avoient été faites avec des vaisseaux de verre ; mais lorsqu'on s'occupa en France d'une nouvelle fixation des poids et mesures, M. Lefebvre-Gineau trouva dans son travail à ce sujet, l'occasion de vérifier et d'examiner de diverses manières cette singulière propriété de l'eau. On avoit adopté pour l'unité de poids, un volume d'eau déterminé à une température donnée. Pour l'obtenir, on fit construire un cylindre de cuivre d'environ 243 millim. de long sur autant de diamètre, dont le volume fut mesuré avec la plus grande exactitude possible. On plongea, à diverses reprises ce cylindre dans de l'eau à des températures différentes, et le poids en fut pris chaque fois avec un soin extrême, en tenant rigoureusement compte de l'altération qu'on s'étoit assuré que le cylindre lui-même éprouvoit par les variations de température ; on avoit ainsi, de la manière la plus précise le poids d'une

(1) Manchester Mém. V. 374.

quantité d'eau égale au volume du cylindre; les résultats de ces expériences faites en 1795, ont prouvé que l'eau augmentoit constamment de densité, jusqu'à la température de 4°.44 centig. au-dessus de zéro, et que cette densité diminue de même au-dessous de ce terme (1). Haellstroem a fait depuis des expériences semblables, mais en substituant un cylindre de verre à celui de métal, et en faisant les corrections nécessaires; les résultats en ont été les mêmes (2). Plus récemment encore, le docteur Hope a publié les siennes, et quoiqu'il ait opéré d'une manière différente en se servant de vases cylindriques de verre remplis d'eau à différentes températures, dans lesquels étoient placés des thermomètres à la surface et au fond du liquide, il n'en obtint pas moins les mêmes résultats suivans.

1. Lorsque le vase rempli d'eau à zéro centig. restoit librement exposé à l'air d'une chambre dont la température étoit de 16° centig., le thermomètre placé au fond du vase montoit jusqu'à ce que la température de l'eau s'y fut élevée de zéro à 5°.33 centig., alors il devenoit statio-

(1) Jour. de phys. XLIX. 271; et Traité de physique de Haüy, I. 55 et 181.

(2) Ann. de phys. de Gilbert, XVII. 107.

naire, et c'étoit dans celui placé à la surface que l'ascension avoit lieu. Ces effets étoient exactement inverses lorsque le même cylindre rempli d'eau à la température de 11°.66 centig. étoit placé dans un autre vaisseau plus grand contenant de l'eau à la température de zéro. Car dans ce cas, le thermomètre supérieur montoit jusqu'à ce que l'eau du cylindre fut refroidie à 4°.44 centig.; à cette température acquise il s'arrêtoit, et c'étoit alors le thermomètre inférieur qui s'élèvoit. M. Hope concluoit de ces expériences, que de l'eau à zéro chauffée jusqu'à 4°.44 centig. au-dessus, descend vers le fond du vase, et que chauffée au-delà de ce terme, elle s'élève vers la surface et *vice versâ*.

2. En appliquant un mélange frigorifique à la partie supérieure du cylindre de verre, placé dans un air à la température de + 5° centig., et en continuant même l'expérience pendant plusieurs jours, le thermomètre inférieur ne s'abaisse jamais au-dessous de 3°.88 centig.; mais lorsque le mélange frigorifique fut appliqué à la partie inférieure du cylindre, le thermomètre supérieur descendit à 1°.11 centig., aussi promptement que le thermomètre inférieur, d'où il résultoit que l'eau refroidie au-dessous de 3°.88 centig., s'élève au lieu de descendre.

3. Lorsque le cylindre de verre, rempli

d'eau à zéro, étoit embrassé dans son milieu seulement, par un bassin contenant de l'eau chaude, le thermomètre inférieur montoit à 3°.88 centig., avant que l'autre fut affecté ; mais lorsque l'eau dans le cylindre étant à 4°.16 centig., on substitua un mélange frigorifique à l'eau chaude que contenoit le bassin, le thermomètre supérieur descendit à 1°.11 centig., avant que celui inférieur fut affecté (1). Le comte de Rumford s'est occupé avec sa sagacité ordinaire d'une suite d'expériences à-peu-près semblables à celles du docteur Hope, et dont il a obtenu les mêmes résultats. Comme elles sont d'une date postérieure, et qu'elles n'ajoutent rien aux faits ci-dessus établis (2), nous croyons devoir nous borner à observer qu'elles se trouvent d'accord avec celles du docteur Hope, dans la détermination du *maximum* de la densité de l'eau entre 3°.88 et 4°.44 centig. au-dessus de zéro.

Telles sont les expériences au moyen desquelles on s'est cru fondé à reconnoître cette singularité remarquable dans la constitution de l'eau, et leurs résultats semblent prouver

(1) Trans. Edim. VI. Le mémoire fut publié avant octobre 1804.

(2) Journ. de Nicholson. XI. 228. Août 1805.

en effet qu'elle a réellement lieu. Cependant comme elle est encore révoquée en doute par des hommes recommandables par leurs lumières, et la rectitude de leur jugement, nous croyons devoir exposer ici les motifs de leur incertitude sur l'existence de ce fait.

La dilatation des liquides par le calorique, beaucoup plus considérable, ainsi qu'on l'a déja dit, que celle des solides, est, dans l'opinion d'un grand nombre de physiciens, proportionnelle aux carrés des températures mesurées à partir du point de congélation. Leurs déviations de cette loi générale ne sont, suivant eux, qu'apparentes et dues seulement à ce que les thermomètres ne mesurent pas assez exactement les accroissemens de chaleur. M. Dalton, entre autres, a établi cette opinion comme se conciliant avec ses expériences; et M. Leslie, comme faisant la base de quelques raisonnemens mathématiques, sans s'expliquer d'ailleurs d'aucune autre manière sur les motifs de conviction qu'elle pouvoit lui offrir; d'un autre côté, la dilatation des solides paroît seulement proportionnelle à la température mesurée d'un point donné quelconque.

Les solides et les liquides suivent dans leur contraction par l'application du froid, la même marche que dans leur dilatation par le

calorique(1). Mais comme dans ce cas, la diminution du volume de l'eau suit la raison de la différence des carrés des températures, et que celle du volume des solides est simplement comme la différence des températures ; il est évident que la contraction de l'eau refroidie à un degré quelconque va constamment en diminuant à mesure qu'elle s'approche de

---

(1) Il est certain que la dilatation de l'eau suit au moins à très-peu de chose près, la loi énoncée dans le texte, car on peut voir, d'après la table présentée pag. 148, que son volume original étant 10000, sa dilatation peut être approximativement exprimée par les nombres suivans.

Température. Centigr.	*Dilatation.*
28°05	6²
39.16	8²
50.27	10²
61.38	12²
72.50	14²

La plus grande déviation de ces nombres a lieu vers le commencement de l'échelle, parce qu'alors la dilatation est si petite qu'il est difficile de la mesurer avec précision ; mais nous pouvons tirer de la table ci-dessus la conséquence remarquable que les carrés des nombres naturels, à partir du nombre 6, indiquent l'augmentation de volume qu'éprouvent 10000 parties d'eau par 5°.55 degrés d'échauffement au-dessus de 28°.05, centigrades.

son point de congélation, tandis que celle des solides continue d'être sensiblement la même. Il y aura donc un point où la contraction de l'eau se trouvera être précisément égale à celle d'un solide donné, et au-dessous de ce point, la contraction du solide sera la plus grande. Supposons actuellement de l'eau exposée au froid dans un tube de verre avec sa boule; elle descendra dans le tube tout aussi longtems que la contraction qu'elle éprouve par le refroidissement sera supérieure à celle du verre, mais lorsqu'elle arrivera au point où l'une et l'autre est la même, elle cessera de descendre quoique son refroidissement continue, parce qu'alors sa contraction se trouvera exactement contrebalancée par celle du verre. Au-delà de ce point l'eau s'élevera dans le tube par l'application du froid, parce que la contraction du verre surpassera la sienne. L'élévation de l'eau dans ce cas peut donc bien n'être qu'apparente; mais il est un moyen facile de s'en assurer, et c'est celui qu'employa M. Dalton. Il fit ses expériences dans des vaisseaux de substances diverses, susceptibles de contractions différentes par le calorique, et dans chacun desquels par conséquent, le terme de la plus grande densité de l'eau devoit varier. Il en obtint les résultats suivans.

(1) *Vases qui contenoient l'eau.*	*Degrés du thermomètre auxquels l'eau commence à s'élever lorsqu'elle est refroidie dans ces substances, ou son point apparent de plus grande densité.* Ech. centigr.
Poterie brune, n°. 1	2°22
Poterie brune, n°. 2	3.33
Poterie de la reine.	4.44
Flint-glass	5.27
Fer	5.83
Feuille d'étain.	5.83
Cuivre.	7.50
Laiton.	7.77
Poterie d'étain	8.33
Plomb.	9.72

Ces expériences offrant dans leurs résultats les variations qu'on avoit prévu devoir se manifester, dans la supposition que la dilatation de l'eau n'étoit qu'apparente, M. Dalton les considéra comme décisives sur ce point, et M.

(1) Journal de Nicholson. Des expériences semblables ont été faites à Edimbourg, par un de mes amis plus de six mois avant que M. Dalton publiât les siennes; mais comme il n'en a pas fait connoître les résultats, je ne crois pas devoir les annoncer. Dans quelques-unes de ses expériences, il ne trouva le *maximum* de densité de l'eau qu'à 0.53 centig. seulement au-dessus de zéro.

Leslie en jugea de même. Cependant ces variations elles-mêmes ne sont aussi qu'apparentes; car en calculant, d'après la table de dilatation donnée dans la partie précédente de cette section, les températures auxquelles la dilatation des diverses substances coïncide, dans la table ci-dessus, avec celles de l'eau, nous trouverons les résultats suivans.

	Point le plus bas par le calcul.	Idem. *par les expériences de Dalton.*	*Différence.*
	Centigr.	Centigr.	Centigr.
Verre. . . .	5°27	5°27	0°
Fer.	7.77	5.83	1.94
Cuivre. . . .	11.11	7.50	3.61
Laiton. . . .	12.22	7.77	4.45
Poterie d'étain	15.	7.77	7.23
Plomb. . . .	17.77	9.72	8.05

La dilatation du verre se rapporte en effet à celle trouvée par les expériences de M. Dalton, mais à l'égard des autres corps, la déviation augmente comme leur dilatation. Cette observation suffit pour détruire toutes les conséquences qu'on a pu tirer d'expériences semblables, et elle dénote, en outre, quelque erreur commise dans les données dont on est parti pour les calculs des dilatations; cette erreur consiste indubitablement en ce qu'on les a

établies d'après la supposition que l'eau se dilate à partir de son point de congélation.

Les expériences de Lefebvre-Gineau, et de Haelstroem, que nous avons ci-dessus relatées, sont exemptes jusqu'à un certain point, de l'inexactitude qui peut résulter de la contraction des vaisseaux dans lesquels le volume d'eau a été examiné. Le cylindre de cuivre pesé par Lefebvre-Gineau étoit creux, et il avoit pris toutes les précautions possibles pour en évaluer, de la manière la plus précise, le changement de volume par la chaleur et le froid; et plus les instrumens dont il se servoit étoient délicats, plus l'importance de l'objet de ses expériences étoit grande, et plus il seroit déraisonnable de douter que ce savant les ait faites sans y apporter tous les soins et toute l'exactitude dont il est capable.

De toutes ces expériences, ce sont celles de Hope et du comte de Rumford qui semblent le plus clairement concluantes, et cependant on ne peut se dissimuler qu'elles sont accompagnées de circonstances qui doivent présenter des incertitudes. Si, par exemple, on met dans de grands bocaux de verre, différentes couches de dissolutions aqueuses colorées, elles y resteront séparées pendant au moins un mois, si le liquide n'est pas agité, suivant le comte de

Rumford lui-même, et cela malgré toutes les vicissitudes des températures souvent plus considérables que celles auxquelles les liquides avoient pu être exposés dans ses expériences et celles de Hope. Or, comment alors les courans dont elles indiquent l'existence auroient-ils pu avoir lieu sans opérer, dans un petit nombre d'heures seulement, le mélange de ces couches? Je m'arrête à cette seule difficulté, et j'avoue qu'il ne m'a pas été possible de la résoudre d'une manière satisfaisante.

Toutes les expériences faites avec le plus grand soin nous portent à considérer l'eau comme étant à son *maximum* de densité à 4°.44 centig., au-dessus de zéro, et comme continuant à se dilater, à mesure qu'elle refroidit, au-dessous de ce point jusqu'à ce qu'elle se congèle; mais on ne nous a encore présenté aucune explication satisfaisante de la cause de cette expansion, et cette singulière anomalie dans la dilatation de l'eau exige de nouvelles recherches et de plus grands éclaircissemens. J'ai essayé un grand nombre de liquides dans la vue de m'assurer si, à l'égard d'aucun d'eux, il existoit, ainsi que pour l'eau, une température à laquelle leur densité fut à son *maximum*, et si au-dessous de cette température, ils se dilatoient par le refroidissement. Je n'ai rien remarqué d'analogue à cette propriété dans

l'acide sulfurique, ni dans les corps huileux; j'ai eu lieu de m'appercevoir seulement que certaines dissolutions de sels dans l'eau commencent à se dilater avant de devenir solides; mais ces dissolutions, lorsqu'elle sont convenablement refroidies, cristallisent avec une telle rapidité qu'il est extrêmement difficile de bien s'assurer du fait.

[*Beaucoup de liquides se dilatent et cristallisent.*] 12. Les corps qui se dilatent, lorsque, de liquides qu'ils étoient, ils deviennent solides par l'abaissement de température, forment une classe très-nombreuse. L'eau n'est pas le seul de ces corps dont la dilatation ait lieu, lorsqu'elle passe à l'état de glace. Cette propriété est commune à tous ceux qui prennent, par le refroidissement, la forme de cristaux.

[*Expansion de la glace.*] La force prodigieuse de la dilatation de l'eau dans l'acte de sa congélation, a été, depuis longtems, connue des physiciens. Des bouteilles de verre remplies d'eau sont ordinairement brisées par la conversion de cette eau en glace. Les académiciens de Florence firent crever un globe creux de laiton de 27 millimètres de diamètre, en le remplissant d'eau qu'ils firent geler. La force nécessaire pour produire cet effet a été calculée par Muschenbroeck à 13568 kilogram.; mais la série la plus complète d'expériences à ce sujet

sont celles faites par le major Williams à Québec, publiées dans le second volume des Transactions d'Edimbourg. On a attribué cette expansion de l'eau à la tendance qu'on a remarqué qu'avoient ses molécules, lorsqu'elle se solidifioit, à s'arranger dans un ordre déterminé de manière à former des cristaux prismatiques, qui se croisoient à angles de 60 et 120 degrés. La force avec laquelle ces molécules prennent d'elles-mêmes ces situations régulières, doit être énorme, puisque de petites quantités nous suffisent pour opérer de grands effets de pressions mécaniques. J'ai essayé, par différens moyens, de déterminer la pesanteur spécifique de la glace à zéro centigr.; celui qui m'a le mieux réussi consistoit à étendre de l'alcool avec de l'eau, jusqu'à ce qu'en y plaçant une masse solide de glace, elle pût rester maintenue dans une partie quelconque du liquide, sans descendre ni monter. Je trouvai que la pesanteur spécifique du liquide dans cet état étoit de 0.92. C'est, par conséquent, celle de la glace, en supposant la pesanteur spécifique de l'eau à 15°.55 centigr. = 1. Cette expansion est beaucoup plus grande que celle de l'eau chauffée à 100° centig. Il s'ensuit que l'eau, en se convertissant en glace, loin de se dilater uniformément, subit très-rapidement, par ce changement d'état, une augmentation considérable dans son volume.

sulfurique d'une pesanteur spécifique de 1.8 peut être refroidi dans les tubes de thermomètre jusqu'à 38° centigrades au-dessous de zéro avant qu'il se congèle ; et pendant toute la durée de cet abaissement de température, il suit exactement la marche indiquée dans la table des dilatations ; à — 38° centigr. ou environ, il se gèle, mais son apparence en est si peu altérée, que je n'ai pu m'assurer moi-même s'il étoit alors liquide ou gelé, qu'en brisant le tube ; il étoit parfaitement solide, mais sans aucune apparence de cristallisation. Le fer fondu, et le soufre aussi probablement, se dilatent dans l'acte de leur congélation.

2°. *Changement d'état des corps.*

Tous les corps de la nature, autant qu'ils nous sont connus, s'y rencontrent dans l'un des états, de solides, de liquides, et de fluides élastiques ou vapeurs. On a reconnu, que dans un grand nombre de cas, la même substance est capable d'exister successivement dans chacun de ces trois états. Ainsi le soufre est habituellement un corps solide ; mais lorsqu'il est chauffé à 101°.11 centig., il est converti en un liquide ; et à une température encore plus élevée, environ 299° centigr., il prend la forme d'une va-

peur élastique, de couleur brun foncé. L'eau est ordinairement liquide dans notre climat, mais lorsqu'elle est refroidie à zéro, elle devient un corps solide, et un fluide élastique à 100° centigr. au-dessus de ce terme.

[*Changement d'état par le calorique.*] Tous les corps solides, à l'exception d'un très-petit nombre, peuvent être changés en liquides lorsqu'ils sont convenablement chauffés; de même que chaque liquide, excepté l'alcool, peut être rendu corps solide, par son exposition à un degré de froid suffisant. On peut, en les chauffant, faire passer tous les corps liquides à l'état de fluides élastiques, et beaucoup de corps solides sont susceptibles du même changement. Enfin, parmi les fluides élastiques, il en est un grand nombre que, par le froid, on parvient à condenser en liquides, ou en solides. De tous ces faits, les physiciens ont tiré la conclusion générale : « que tous les corps seroient solides, « s'ils étoient placés dans une température suffi- « samment basse; que tous les solides devien- « droient liquides, s'ils étoient convenablement « échauffés, et que tous les liquides, exposés à « une certaine température seroient transfor- « més en fluides élastiques. » Ainsi donc, l'état des corps dépend de la température dans laquelle ils se trouvent exister. Les températures

particulières, d'où résultent ces divers changemens d'état dans les corps, sont excessivement variables, mais toujours constantes pour les mêmes corps. Ainsi nous voyons que le calorique agit sur les corps, en les convertissant tous d'abord en liquides, et ensuite en fluides élastiques.

[*Conversion des solides en liquides, instantanée ou lente.*] 1. La conversion, par l'effet du calorique, des corps solides en liquides s'opère tout d'un tems, et sans aucun intervalle entre la solidité et la fluidité, dans quelques cas; dans d'autres, elle n'a lieu que graduellement. Le solide devient d'abord mou, et passe lentement par tous les degrés d'amollissement, avant d'être parfaitement fluide.

La conversion de la glace en eau est un exemple de changement, dans le premier cas; car, à l'égard de cette substance, il n'existe pas d'état intermédiaire entre la solidité et la fluidité. La fusion du verre, de la cire, et du suif, fournissent des exemples de changemens, dans le second cas; car tous ces corps deviennent progressivement de plus en plus mous, avant de finir par être entièrement liquides. En général, tous ceux des corps solides susceptibles de cristalliser, ou de prendre la forme prismatique régulière, passent sans intervalle de cet état à celui de fluidité, tandis que ceux qui n'affectent pas

ordinairement ces figures, ont la propriété d'apparoître successivement dans tous les états intermédiaires entre ceux de la solidité, et de la liquidité parfaite.

[*A lieu à une température particulière.*] Les corps solides ne commencent jamais à devenir liquides que lorsqu'ils sont chauffés à une certaine température qui est constante pour tous. Cette température est déterminée, et bien connue pour la classe de ces corps dont le changement d'état se fait sans intervalle; mais quoiqu'à l'égard des autres, elle soit également constatée, il n'est pas possible de l'évaluer avec la même précision, à raison du nombre infini de nuances d'amollissement que ces corps éprouvent avant d'arriver à leur plus grand état de fluidité; on peut néanmoins s'assurer que, dans cette dernière espèce de corps, la même température produit toujours le même degré de fluidité. Les températures auxquelles ce changement de la solidité à la fluidité a lieu, sont indiquées sous diverses dénominations, suivant l'état ordinaire du corps qui l'éprouve. Lorsqu'un corps est habituellement à l'état liquide, on appelle la température à laquelle il prend la forme d'un solide, son *point* ou son terme de *congélation*. Ainsi, on donne ce nom à la température à laquelle l'eau devient glace. On désigne par

point, ou *terme de fusion*, la température qu'exige un corps, ordinairement à l'état solide, pour sa liquéfaction ; ainsi, 100° centigr. est le terme de fusion du soufre, et 227°.77 centig. celui de l'étain.

2. On trouvera dans la table suivante l'indication des termes de fusion d'un grand nombre de corps solides.

Substances.	*Points de fusion.* Centigr.	*Substances.*	*Points de fusion.* Centigr.
Plomb.	+ 312° 22	Glace	0°
Bismuth	+ 252.22	Lait	— 1.11
Etain	+ 227.77	Vinaigre	— 2.22
Soufre.	+ 101.11	Sang	— 3.88
Cire.	+ 61.11 (1)	Huile de bergam.	— 5
Blanc de balei.	+ 44.44	Vins.	— 6.66
Phosphore . .	+ 38.88	Huile de théréb.	— 10
Suif.	+ 35.33	Mercure.	— 39.44
Huile d'anis. .	+ 10	Liquides ammon.	— 43.33
Huile d'olive .	+ 2.22	Ether	— 43.33

[*L'eau peut être refroidie au-dessous de son terme de congélation.*] 3. Quoique le terme de la congélation de l'eau soit à zéro centig., on peut néanmoins, dans des circonstances favorables, la refroidir de beaucoup au-dessous de ce point,

(1) La cire blanchie, 68°.33 centig. Nicholson.

avant qu'elle se forme en cristaux. Mairan, et Fahrenheit ont fait des expériences sur ce sujet ; mais les recherches de Charles Blagden, sont ce qu'il y a de plus complet à cet égard. En exposant de l'eau à l'action lente de mélanges frigorifiques, il parvint à en abaisser la température à 11°.66 centigr., avant qu'elle se gelât. Le meilleur moyen à employer pour le succès de cette expérience, est de purger d'air l'eau qui y est soumise. Il est nécessaire aussi qu'elle soit transparente, car les corps opaques qui y seroient flottans, suffiroient pour la faire cristalliser à quelques degrés seulement au-dessous de zéro centigr. Lorsqu'on met un morceau de glace dans de l'eau ainsi refroidie, il en opère instantanément la formation en cristaux. On produit le même effet en imprimant un mouvement léger dans le liquide, ce qui n'a pas lieu en le remuant fortement. Enfin, l'eau se congèle lorsqu'elle est trop subitement refroidie au-dessous de zéro centigr. (1).

[*Terme de congélation des dissolutions salines.*] 4. On sait que l'eau qui tient des sels en dissolution, comme l'eau de la mer par exemple, se congèle, dans presque tous les cas, beaucoup moins promptement que l'eau pure,

(1) Blagden. Phil. Trans. 1788, p. 125.

et que par conséquent, son point de congélation est plus bas. On a formé la table suivante des résultats qu'obtint Charles Blagden des nombreuses expériences qu'il fit sur les dissolutions salines, afin d'en connoître les différens points de congélation. La première colonne contient les noms des sels ; la deuxième, la quantité en poids du sel dissous dans 100 parties d'eau, et la troisième, le terme de congélation de la dissolution (1).

Noms des sels.	*Proportion.*	*Point de congélat.* Ech cent'ge.
Muriate de soude. . .	25	— 15°55
Muriate d'ammoniaque.	20	— 13.33
Tartrite de soude. . .	50	— 6.11
Sulfate de magnésie. .	41.6	— 3.61
Nitrate de potasse. . .	12.5	— 3.33
Sulfate de fer.	41.6	— 2.22
Sulfate de zinc. . . .	33.3	— 1.88

On voit par cette table que c'est le muriate de soude qui a le plus d'efficacité pour l'abaissement du point de la congélation de l'eau. Ces dissolutions peuvent, ainsi que l'eau pure, être refroidies de beaucoup au-dessous de leurs points respectifs de congélation, sans devenir solides,

(1) Phil. Trans. 1788, p. 277.

et dans ce cas, leur congélation est produite par les mêmes moyens que dans l'eau pure, quoique d'une manière plus lente.

Lorsque la proportion du sel tenu en dissolution dans l'eau, varie, l'abaissement de son point de congélation est toujours proportionnel à la quantité qu'elle en contient; c'est ce que prouvent les expériences de Charles Blagden. Si, par exemple, l'addition de 0.1 du sel dissous dans l'eau en augmente l'abaissement du point de congélation de 5°.55 centigr., cet abaissement sera de 11°.10 centig. pour 0.2 du sel ajouté. Il s'ensuit, qu'en connoissant par la table ci-dessus, l'effet produit par une proportion donnée d'un sel, on évaluera facilement celui qui résulteroit de toute autre quantité. On a établi dans la table suivante les points de congélation de dissolutions de muriate de soude contenant des quantités différentes de ce sel dans 100 parties d'eau, trouvés d'après les expériences de Charles Blagden, et calculés dans la supposition que l'effet est proportionnel à la quantité du sel.

Quantité du sel dans 100 parties d'eau.	*Point de la congélation, d'après l'expérience.*	*Point de congélation d'après le calcul.*
	Ech. centigr.	Ech. centigr.
5.12	— 2°22	— 1°94
4.16	— 2.50	— 2.61
6.25	— 3.61	— 3.88
10.00	— 5.83	— 6.25
12.80	— 7.50	— 8.00
16.10	— 10.27	— 10
20	— 12.50	— 12.33
22.20	— 13.77	— 13.88
25	— 15.55	— 15.55

[*Terme de congélation des acides forts.*] 5. M. Cavendish a reconnu, d'après les expériences de Macnab, que les acides sulfurique, et nitrique, qui contiennent de l'eau en différentes proportions selon leur degré de force, varient, d'une manière remarquable, suivant les circonstances, dans leur point de congélation.

Lorsque ces acides, étendus d'eau, sont exposés au froid, la partie la plus foible se congèle, tandis que la plus forte reste liquide, de manière que par l'action du froid, ces acides sont séparés en deux portions qui diffèrent beaucoup dans leur degré de force. Cet effet a été désigné par M. Cavendish, sous le nom de la congélation *aqueuse* de ces corps.

Lorsque ces acides sont très-étendus, le mélange exposé au froid éprouve en totalité la congélation *aqueuse*, et dans ce cas, il paroît, par les expériences de Blagden, que le point de la congélation de l'eau qu'on mêle avec un acide, est abaissé dans une proportion beaucoup plus grande que celle de l'augmentation de la quantité d'acide. On verra dans la table suivante quels sont les points de congélation de divers mélanges en poids d'acide sulfurique à 1.837 de pesanteur spécifique, à la température de 16°.66 centigr., et d'acide nitrique, à 1.454 avec 100. parties d'eau.

ACIDE SULFURIQUE.		ACIDE NITRIQUE.	
Proportion de l'acide.	Point de congélation.	Proportion de l'acide.	Point de congélation.
	Ech. centigr.		Ech. centigr.
10	— 4° 16	10	— 5° 55
20	— 10.83	20	— 11.94
25	— 13.61	23.4	— 13.88 (1)

(1) Phil. Trans. 1788, p. 308.

Les acides concentrés se congèlent aussi eux-mêmes à un degré de froid suffisant ; il est également, pour chacun d'eux, un degré particulier de force auquel cet effet a le plus rapidement lieu, et l'application du froid doit être proportionnelle à la plus ou moins grande force de l'acide. La table suivante, calculée par M. Cavendish d'après les expériences de Macnab, indique les points de congélation de l'acide nitrique de divers degrés de force (1).

FORCE de l'acide.	POINT de congélation.	DIFFÉRENCE.	FORCE de l'acide.	POINT de congélation.	DIFFÉRENCE.
	Centigr.	Centigr.		Centigr.	Centigr.
568	— 43.05	— 9.22	418	— 19.11	— 18.77
538	— 34.50	— 11.11	388	— 20.10	— 20.88
508	— 27.83	— 12.94	358	— 23.16	— 22.22
478	— 23	— 15.94	328	— 27.61	— 23.33
448	— 20.05	— 16.83	298	— 33.16	»

(1) La force est évaluée par la quantité de carbonate de chaux (marbre) nécessaire pour saturer 1000 parties d'acide. Phil. Trans. 1788, p. 174.

6. Avant l'époque ou le docteur Black commença à donner ses leçons de chimie à Glasgow en 1757, on supposoit généralement que les solides, une fois parvenus à la température de leur point de fusion, étoient convertis en liquides par l'addition d'une petite quantité de calorique, et qu'alors aussi ils redevenoient solides par une très-petite diminution du calorique qui leur avoit été nécessaire pour les amener à cette température. En examinant avec attention les phénomènes de la liquéfaction et de la solidification, le docteur Black eut lieu de se convaincre que cette opinion reçue ne s'accordoit point avec ce qui se passoit dans ces circonstances. Ses expériences lui en fournirent une explication plus exacte, et il s'en servit avantageusement comme de preuves à l'appui de la théorie qu'il établit à ce sujet, et dont il fit part en avril 1762 (1), à la Société littéraire de Glasgow.

Suivant cette théorie, il entre dans le corps solide, au moment où il est converti en liquide, une quantité de calorique beaucoup plus considérable que celle rendue sensible immédiatement après, par le thermomètre. Par cette addition de calorique, le corps ne paroît pas être

(1) Black's, *Lectures*. Préface, p. 38.

devenu plus chaud; mais il a fallu qu'il en ait été pénétré, pour être changé en un liquide, et cette pénétration, par le calorique ajouté, est la cause principale et la plus immédiate de la fluidité produite. D'un autre côté, lorsqu'un corps liquide prend la forme d'un solide, il abandonne une très-grande quantité de calorique sans que sa température en soit sensiblement diminuée, et cependant il ne peut acquérir l'état de solidité que par cette grande soustraction de calorique. En d'autres termes, toutes les fois qu'un corps passe de l'état de solide à celui de liquide, il se combine avec une certaine dose de calorique qui ne produit aucune augmentation dans la température, et c'est cette dose qui occasionne le changement. Lorsque ce liquide passe de nouveau à l'état de solide, il abandonne la dose de calorique avec laquelle il s'étoit combiné sans qu'il en résulte aucune diminution dans sa température, et c'est à raison de cette soustraction, que le changement s'opère. Ainsi, la combinaison d'une certaine dose de calorique avec la glace, la fait devenir eau, et la soustraction d'une certaine quantité du calorique de l'eau la met à l'état de glace. L'eau est donc alors un composé de glace et de calorique, et en général, tous les fluides sont des combinaisons des solides, dans lesquels ils peuvent être con-

vertis par l'application du froid, avec une certaine dose de calorique.

Telle est l'opinion qu'émit en 1762, le docteur Black, sur la cause de la fluidité. Il en établit la vérité par les expériences suivantes.

Première expérience. Si l'on met dans une chambre chaude un bloc de glace à la température de 5°.55 centigr. au-dessous de zéro, cette température s'élevera très-promptement à zéro. La glace commencera alors à fondre, mais d'une manière très-lente, et plusieurs heures s'écouleront avant qu'elle soit fondue en totalité. Pendant tout ce tems, sa température continuera d'être à zéro, et cependant comme elle est constamment environnée d'un air chaud, on a tout lieu de croire que le calorique y entre continuellement; mais comme le thermomètre n'en indique aucune augmentation, que devient-il s'il ne se combine pas avec la portion qui se convertit en eau, et s'il n'est pas la cause qui produit cette fonte de la glace?

Le docteur Black prit deux globes minces de verre de 108 millimètres de diamètre, et de poids à-peu-près égaux. Il les remplit d'eau l'un et l'autre. Celle contenue dans l'un de ces globes fut gelée en masse solide de glace; l'eau dans l'autre fut refroidie à 0°.55 centigr. au-dessus de zéro. Ces deux globes furent alors suspendus à

une certaine distance de tous autres corps, dans une vaste chambre dont la température étoit de 8°.33 centigr. au-dessus de zéro. Dans le globe dont l'eau n'avoit été que refroidie, le thermomètre s'éleva dans une demi-heure de 0°.55 à 4°.44 centigr., et monta par conséquent de 3°.89 centig. La glace dans l'autre globe étoit d'abord de 2°.77 à 3°.33 centigr. plus froide que la neige fondante, mais lorsqu'on y eut appliqué le thermomètre, il s'arrêta au bout de quelques minutes à zéro. On laissa ce globe dans le plus parfait repos pendant 10 heures et demie, en ayant soin de noter à chaque instant avec la plus grande précision, l'élévation du thermomètre. Au bout de ce tems, la glace étoit fondue en totalité, à l'exception d'une très-petite masse spongieuse qui flottoit à la partie supérieure, et qui disparut dans quelques minutes. La température de cette eau provenant de la glace fondue étoit de 4°.44 centigr. au-dessus de zéro.

Ainsi, la fonte de la glace exigea 10 heures et demie de tems, et la température de l'eau produite n'étoit que de 4°.44 centigr. Durant tout ce tems néanmoins, cette masse de glace avoit dû recevoir le calorique avec la même célérité que l'eau refroidie de l'autre globe avoit reçu le sien pendant la première demi-heure, et par

conséquent 21 fois autant, ce qui auroit dû produire une élévation du thermomètre 21 fois plus considérable, ou de 81°.69 centigr., mais cette élévation ne fut que de 4°44 centigr.; il y en eut donc 77°.25 d'absorbés par la glace fondante, et tout ce calorique dont la présence n'étoit point indiquée par le thermomètre, demeura célé dans l'eau de conversion de la glace (1).

Que le calorique soit réellement entré dans la glace, c'est ce dont il est facile de s'assurer en tenant la main sur un thermomètre placé au-dessous du vase qui le contient: on sentira un courant d'air froid qui descend pendant tout le tems de la fonte.

On objectera peut-être que le calorique qui entre ainsi dans la glace n'y reste pas, mais qu'il est entièrement détruit. On répond à cette observation par l'expérience suivante.

Seconde expérience. Si dans un air à la température de 5°.55 centig. au-dessous de zéro, on expose deux vases, l'un rempli d'eau pure, l'autre d'eau salée, à la même température de 11°.11 centig., et que dans chacun d'eux on place un thermomètre, on verra que les liqueurs de ces vases perdront graduellement

(1) Black's, *Lectures*. I. 120.

leur calorique jusqu'à ce que les thermomètres soient descendus à zéro ; mais à ce terme, l'eau salée continuera à se refroidir sans interruption et arrivera par degrés à —5°.55 centig., température de l'air, tandis que celle de l'eau pure en se gelant très-lentement, sera restée stationnaire à zéro. Or, comment se pourroit-il que l'un des liquides refusât tout-à-coup de donner son calorique, lorsque l'autre l'abandonne? N'est-il pas beaucoup plus probable que l'eau, à mesure qu'elle se congèle, laisse aller le calorique qu'elle avoit absorbé dans l'acte de sa liquéfaction, et que c'est ce dégagement de calorique qui en maintient la température à zéro.

L'expérience suivante que Fahrenheit a faite le premier, et qui depuis a été souvent répétée par le docteur Black et autres, prouve d'une manière palpable qu'il y a réellement émission de calorique pendant la congélation de l'eau.

Troisième expérience. Si dans un air à —5°.55 centig. on expose de l'eau dans un grand verre à bière, dans lequel est placé un thermomètre, et qu'on le couvre, l'eau refroidit par degrés jusqu'à ce terme sans se congeler. Mais si alors on secoue cette eau, il s'en gèle à l'instant une portion en une masse spongieuse, et la température du tout s'élève aussitôt à zéro, point de congélation; de manière que l'eau

acquiert ainsi subitement 5°.55 centig. de calorique. Or, d'où pourroient provenir ces 5°.55, si ce n'est de la portion de l'eau qui s'est glacée? Il est donc évident que l'eau, dans l'acte de sa congélation, fournit du calorique.

J'ai cru pouvoir conclure, d'un grand nombre d'expériences que j'ai faites avec beaucoup de soin sur l'eau, que dans ces circonstances, la quantité de glace qui se forme subitement par l'agitation de l'eau refroidie au-dessous de son point de congélation, est toujours en raison du degré de froid du liquide avant l'agitation; ainsi j'ai trouvé que lorsque l'eau est refroidie à —5°.55 centig., il s'en congèle, par l'agitation, environ les 0.07, (terme moyen de plusieurs expériences). Si la température de l'eau, lorsqu'on l'agite, est de — 2°.77 centig., il se glace environ les 0.036 du tout. Je n'ai pu faire à mon gré des expériences satisfaisantes à des températures plus basses que celle de —5°.55 centig., mais je conclus, par analogie, que par chaque quantité de 2°.77 centig. d'abaissement de la température de l'eau au-dessous de zéro sans qu'elle se glace, il se congèle soudainement par l'agitation les 0.036 du liquide. Si donc il étoit possible de prolonger, sans congélation, cet abaissement de la température de l'eau jusqu'à 28 fois 2°.77 centig. au-dessous de zéro, elle se prendroit

en totalité et instantanément en masse par l'agitation, et la température de la glace ainsi formée, seroit de zéro. Or, si l'on fait attention que 28 × 2°.77 = 77°.56 centig., quantité de calorique qui, suivant les expériences du docteur Black, est nécessaire à la glace pour la convertir en eau, il s'ensuivra, que dans tous les cas, l'eau refroidie au-dessous de zéro perd une portion du calorique qui lui étoit nécessaire pour constituer son état de liquidité. A l'instant où cette eau est agitée, une portion du liquide se saisit de la quantité de calorique qui lui manque aux dépens d'une autre portion qui est ainsi convertie en glace. Lors donc que la température de l'eau est abaissée à — 5°.55 centig., chacune de ses molécules manque de cette quantité de calorique nécessaire à son maintien à l'état de liquidité. Treize parties de cette eau se saisissent chacune de 5°.55 centig. de la quatorzième partie. Les treize parties acquièrent ainsi la température de zéro, et la quatorzième privée de 13 × 5°.55 centig. = 72°.15 de calorique et des 5°.55 centig. qu'elle avoit déja de moins, se trouve en avoir perdu 77°.70 centig., ou la totalité de celui qui lui est nécessaire pour la maintenir à l'état fluide, et par conséquent elle se convertit en glace.

Quatrième expérience. S'il étoit possible que

ces expériences ne fussent pas considérées comme appuyant suffisamment la conclusion du docteur Black; celle qui suit, du même physicien, nous semble devoir établir de la manière la moins susceptible d'objection, la vérité de son opinion. Il mêla ensemble des quantités données de glace à zéro, et d'eau à 87°.77 centig. de température. La glace fut fondue dans quelques secondes, et la température produite fut de 11°.66 centigr. La quantité de glace étoit de 119 part.

Celle de l'eau chaude, de	135
Celle du mélange, de	264
Le vaisseau de verre en représentoit .	16

Seize parties de verre produisent le même effet pour l'échauffement des corps froids que 8 parties d'eau également chaude; ainsi aux 16 parties représentées par le verre on peut substituer 8 parties d'eau, ce qui portera la quantité totale d'eau chaude à 143 parties.

Dans cette expérience, il y avoit 87°.77 centig. de calorique contenu dans l'eau chaude à distribuer entre la glace et l'eau. Si ce partage avoit eu lieu également, et que le tout fût ensuite devenu sensible au thermomètre, l'eau auroit retenu $\frac{143}{262}$ parties, ou les 0.546 de ce calorique, et la glace en auroit reçu $\frac{119}{262}$ parties, ou les 0.454; c'est-à-dire que l'eau auroit conservé 47°.77 centig. de calorique, et que la glace en

auroit reçu 40°, et la température après le mélange eût été de 40° centig. Cependant cette température ne se trouve être par expérience que de 11°.66 centigr. L'eau chaude a donc perdu 76°.11 centig., et la glace n'a reçu que 11°.66 centig. Mais la perte de 10° centig. de température dans l'eau équivaut au gain de 11°.66 centig. dans la glace; donc 87°.77 — 10° = 77°.77 de calorique entièrement disparu de l'eau chaude. Il faut donc que cette quantité soit entrée dans la glace, et qu'elle l'ait convertie en eau sans en élever la température (1).

Si l'on prend également une quantité quelconque de glace, ou, ce qui est la même chose, de neige à zéro, et qu'on la mêle avec son poids égal d'eau à 77°.77 centig., la neige fond instantanément, et la température du mélange n'est qu'à zéro. Dans ce cas, l'eau est refroidie de 77°.77 centig., tandis que la température de la neige n'a éprouvé aucune augmentation; de sorte que les 77°.77 centig. de calorique ont disparu. Ce calorique a dû se combiner avec la neige. Mais il n'en a produit que la fonte sans élévation dans sa température. Il s'ensuit donc incontestablement, que la glace, en se convertissant en eau, absorbe le calorique et se combine avec lui.

Il est beaucoup plus difficile d'évaluer avec

(1) Black's *Lectures*. I. 123.

précision le nombre de degrés du calorique qui disparoît pendant la fonte de la glace. On en a établi différentes déterminations, savoir : Cavendish à 83°.53 centig.; Wilke à 72°.22 centig. (1); Black à 77°.77 centig. ; et Lavoisier et Laplace à 75°. Le terme moyen de ces estimations diverses est à-peu-près de 77°.77 centig.

[*Calorique latent de l'eau.*] Ainsi donc, l'eau refroidie à zéro ne peut pas se congeler qu'elle n'ait abandonné 77°.77 centig. de calorique; de même que la glace, après avoir été chauffée jusqu'à zéro, ne peut se fondre qu'après en avoir absorbé la même quantité de 77°.77 centigr. ; et cette double condition est la cause de la lenteur avec laquelle ces changemens s'opèrent. On ne peut plus douter que la fluidité de l'eau ne soit due au calorique qu'elle contient ; de même qu'il doit paroître constaté que la quantité de calorique nécessaire pour rendre la glace liquide, est de 77°.77 centig.

Le docteur Black donna à cette quantité de calorique, qui occasionne la fluidité des corps solides en se combinant avec eux, le nom de *calorique latent*, parce que la présence n'en est point indiquée par le thermomètre. Cette dénomination est convenablement expressive ;

(1) Phil. Trans. 1783, p. 313.

cependant d'autres savans ont préféré celle de *calorique de fluidité*.

Le docteur Black s'assura également par expérience, que la fluidité de la cire fondue, du suif, du blanc de baleine, et des métaux, est due à la même cause. Landriani prouva qu'elle agit également à l'égard du soufre, de l'alun, du nitrate de potasse, et de plusieurs des métaux (1); et on a trouvé que toutes les substances examinées jusqu'à présent, éprouvoient par elle, le même effet. On peut donc établir, comme loi générale, que toutes les fois qu'un solide est converti en un fluide, il se combine avec le calorique, et que c'est de cette combinaison que résulte sa fluidité.

[*Calorique latent des autres corps.*] 7. Les seules expériences qui aient été jusqu'à présent publiées sur la détermination du calorique latent des corps, autres que l'eau, sont celles du docteur Irvine (2), et de son fils M. William Irvine (3); on en trouvera les résultats dans la table suivante.

---

(1) Journ. de phys. XXV.
(2) Black's, *Lectures*. I. 187.
(3) Jour. de Nicholson. IX. 45.

CORPS.	CALORIQUE latent.	CALORIQUE réduit à la chaleur spécifique de l'eau.
	Echelle centig.	Centig.
Soufre.....	9°.82	15°.72
Blanc de baleine..	80.55	»
Plomb.....	30.	3.11
Cire d'abeilles....	97.22	»
Zinc.....	273.89	26.83
Etain.....	277.78	18.33
Bismuth.....	305.55	12.92

1. Le calorique latent du blanc de baleine, de la cire, et de l'étain, fut déterminé par le docteur Irvine, et celui des autres substances par son fils. Ce calorique dans la deuxième colonne exprime le nombre de degrés dont il auroit fallu que la température de chaque corps, à l'exception du blanc de baleine et de la cire, eût été augmentée lorsqu'il étoit solide. A l'égard de ces deux dernières substances, le calorique dans la colonne indique l'accroissement de température qu'il auroit produit sur elles, tandis qu'elles étoient fluides.

8. Il a été rendu extrêmement probable, par les observations et les expériences du docteur Black, que l'état de mollesse de tels corps, devenus plastiques par l'application de la chaleur, est dû à une certaine quantité de calorique latent qui se combine avec eux; c'est à la même cause qu'on doit attribuer aussi la malléabilité et la ductilité des métaux; et c'est par cette raison qu'ils deviennent chauds et fragiles, lorsqu'ils sont soumis à l'action du marteau.

2. La conversion des solides en liquides, occasionnée par la combinaison d'une certaine dose de calorique avec le solide, n'est pas le seul changement d'état que les corps soient susceptibles d'éprouver par leur exposition à l'action de la chaleur. Presque tous les liquides, lorsque leur température est élevée convenablement, prennent par degrés la forme d'un fluide élastique, invisible comme l'air, et jouissant des mêmes propriétés mécaniques. Ainsi l'eau en ébullition, est convertie en vapeur, fluide invisible, dont le volume est 1800 fois plus considérable que celui de l'eau, et qui est élastisque comme l'air. Ces fluides conservent l'état d'élasticité aussi longtems que leur température reste suffisamment élevée; mais lorsqu'elle s'abaisse, ils perdent cette forme et redeviennent liquides. Tous les liquides, et même un grand nombre de solides sont ca-

pables d'éprouver ce changement, lorsqu'ils sont chauffés suffisamment.

Parmi les liquides, il en est quelques-uns qui se convertissent graduellement en fluides élastiques à toute température quelconque, tandis que d'autres ne commencent à prendre cette forme que lorsqu'ils ont été chauffés à un certain point ; l'eau est bien connue pour être un exemple du premier cas : si l'on examine avec soin l'eau contenue dans un vase ouvert, on la voit diminuer chaque jour de volume, et à la fin disparoître totalement. Si l'expérience se fait dans un vase assez grand, préalablement vuidé d'air, on y verra l'eau à l'état de vapeur invisible à quelque température que le vase soit exposé. L'alcool, l'éther, et les huiles volatiles, passent également à l'état de fluides élastiques à toutes les températures ; mais l'acide sulfurique et les huiles fixes ne commencent jamais à se former en vapeurs, que lorsque leur température est parvenue à un certain degré d'élévation ; ces substances ne perdent sensiblement rien de leur poids dans des vaisseaux ouverts, et celui de l'acide sulfurique ne diminueroit pas, lors même qu'il seroit tenu longtems à la température de l'eau bouillante. La conversion des liquides en fluides élastiques à toutes les températures, s'appelle *évaporation spontanée*.

[*Explication de l'ébullition.*] 3. Toutes circonstances égales d'ailleurs, l'évaporation des liquides augmente à mesure que leur température s'accroît, et lorsqu'elle a été élevée à un certain degré, ils prennent la forme de fluides élastiques avec la plus grande rapidité. Si le calorique a été appliqué à la partie inférieure du vase qui contient le liquide, comme cela a lieu ordinairement, lorsque tout le liquide a acquis cette température, ses molécules les plus voisines de la source du calorique sont converties les premières en un fluide élastique; elles s'élèvent à travers le liquide sous la forme de bulles d'air, et y produisent une agitation violente qu'on nomme *ébullition*. Chaque liquide a particulièrement un point déterminé auquel, toutes choses égales d'ailleurs, il commence à bouillir, et ce point s'appelle celui de son ébullition. Ainsi l'eau commence à bouillir lorsqu'elle est chauffée à 100° centig.; il est remarquable que lorsqu'un liquide a commencé à bouillir il ne s'échauffe jamais davantage à quelque forte chaleur qu'il soit exposé; elle n'opère alors d'autre effet que de le faire bouillir plus rapidement, mais elle n'en augmente pas la température, ainsi que le docteur Hooke l'a observé le premier.

4. On indique dans la table suivante le point

d'ébullition d'un certain nombre de liquides, savoir :

CORPS.	TERME de l'ébullition.	CORPS.	TERME de l'ébullition.
	Echelle centig.		Centig.
Ether	+ 36°.66	Acide sulfurique	+ 210° (1)
Ammoniaque...	+ 60 (1)	Phosphore	+ 290
Alcool.....	+ 80	Huile de téréb..	+ 293.33
Eau.....	+100	Soufre.....	+ 298.88
Muriate de chaux.	+110.11 (1)	Huile de lin.....	+ 315.55
Acide nitrique..	+120	Mercure.....	+ 348.88
Carbonate de pot.	+126.66 (2)		

5. On a observé, en faisant des recherches sur le point de fusion des solides, qu'il est susceptible de varier considérablement par le changement de situation du corps. Ainsi l'eau peut être refroidie de beaucoup au-dessous de zéro

(1) Dalton.

(2) Et 137°.77 centig. lorsque le carbonate est tellement concentré qu'il est presque à l'état solide.

sans se geler; le terme de l'ébullition est encore moins facile à déterminer, car il dépend entièrement du degré de pression auquel le liquide à mettre à l'état d'ébullition est exposé. Il bout à une température plus basse si la pression est moindre; il lui en faut une plus élevée si la pression est plus forte. Il paroît, d'après les expériences du professeur Robison, que dans le vide, tous les liquides bouillent à une température inférieure de 80°.55 centig. à celle qui leur est nécessaire à l'air libre, sous une pression de 760 millim. de mercure. Le terme de l'ébullition de l'eau dans le vide seroit donc à 19°.45 centig., et celui de l'alcool à 1°.11 centig. La température de l'eau peut être élevée dans le digesteur de Papin à 148°.88 centig., ou même à 204°.44 sans qu'elle bouille; mais dès l'instant où cette grande pression cesse, son ébullition commence avec une violence prodigieuse.

6. L'élasticité de tous les fluides aériformes dans lesquels les liquides peuvent être convertis par l'application du calorique, augmente avec la température, et la vapeur formée par l'ébullition d'un liquide à l'air libre, jouit d'une élasticité exactement égale à celle de cet air, et capable par conséquent de faire équilibre à une colonne de mercure de 760 millim de hauteur.

M. Dalton forma, du résultat de ses propres expériences, la table très-importante qui suit (1), de l'élasticité de la vapeur de l'eau à toute température depuis —40° jusqu'à 162°.77 centig. Il s'assura, par expérience, de la mesure de cette élasticité à toutes les températures de zéro à 100° centig., il la calcula ensuite pour celles au-dessus et au-dessous de ces termes, d'après la marche qu'il reconnut qu'elle observoit, suivant la diminution ou l'augmentation de température.

(1) Manchester *Mémoires*. V. 559.

TEMPÉRATURE centigrade.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.	FORCE de la vapeur en pouces (27 millim.) de mercure.	TEMPÉRATURE centigrade.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.	FORCE de la vapeur en pouces (27 millim.) de mercure.
— 40°	— 40°	0.0122	— 1°.11	30°	0.1743
— 34.44	— 30	0.0187	— 0.55	31	0.1809
— 28.88	— 20	0.0281	0°	32	0.1875
— 23.33	— 10	0.0403	».55	33	0.1910
— 17.77	0°	0.0600	1.11	34	0.2006
— 17.22	1	0.0618	1.66	35	0.2072
— 16.66	2	0.0637	2.22	36	0.2147
— 16.11	3	0.0665	2.77	37	0.2222
— 15.55	4	0.0694	3.33	38	0.2297
— 15	5	0.0712	3.88	39	0.2381
— 14.44	6	0.0740	4.44	40	0.2463
— 13.88	7	0.0768	5	41	0.2559
— 13.33	8	0.0797	5.55	42	0.2653
— 12.77	9	0.0815	6.11	43	0.2756
— 12.22	10	0.0843	6.66	44	0.2859
— 11.66	11	0.0872	7.22	45	0.2962
— 11.11	12	0.0900	7.77	46	0.3075
— 10.55	13	0.0937	8.33	47	0.3178
— 10	14	0.0975	8.88	48	0.3290
— 9.44	15	0.1012	9.44	49	0.3403
— 8.88	16	0.1050	10.65	50	0.3515
— 8.33	17	0.1087	10.55	51	0.3637
— 7.77	18	0.1125	11.11	52	0.3759
— 7.22	19	0.1162	11.66	53	0.3890
— 6.66	20	0.1209	12.22	54	0.4023
— 6.11	21	0.1256	12.77	55	0.4153
— 5.55	22	0.1303	13.33	56	0.4294
— 5	23	0.1350	13.88	57	0.4414
— 4.44	24	0.1406	14.44	58	0.4594
— 3.88	25	0.1462	15	59	0.4753
— 3.33	26	0.1518	15.55	60	0.4912
— 2.77	27	0.1575	16.11	61	0.5081
— 2.22	28	0.1631	16.66	62	0.5250
— 1.66	29	0.1687	17.22	63	0.5418

TEMPÉRATURE centigrade.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.	FORCE de la vapeur en pouces (27 millim.) de mercure.	TEMPÉRATURE centigrade.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.	FORCE de la vapeur en pouces (27 millim.) de mercure.
17°.77	64°	0.5597	36°.66	98°	1.6312
18.33	65	0.5775	37.22	99	1.6875
18.88	66	0.5953	37.77	100	1.7437
19.44	67	0.6140	38.33	101	1.8000
20	68	0.6337	38.88	102	1.8562
20.55	69	0.6544	39.44	103	1.9125
21.11	70	0.6749	40	104	1.9781
21.66	71	0.6986	40.55	105	2.0437
27.22	72	0.7218	41.11	106	2.1094
22.27	73	0.7462	41.66	107	2.1750
23.33	74	0.7715	42.22	108	2.2406
23.88	75	0.7978	42.77	109	2.3062
24.44	76	0.8250	43.33	110	2.3725
25	77	0.8531	43.88	111	2.4375
25.55	78	0.8812	44.44	112	2.5062
26.11	79	0.9103	45	113	2.5875
26.66	80	0.9370	45.55	114	2.6625
27.22	81	0.9750	46.11	115	2.7375
27.77	82	1.0031	46.66	116	2.8125
28.33	83	1.0312	47.22	117	2.8875
28.88	84	1.0687	47.77	118	2.9625
29.44	85	1.0968	48.33	119	3.0468
30	86	1.1343	48.88	120	3.1218
30.55	87	1.1625	49.44	121	3.2062
31.11	88	1.2000	50	122	3.2812
31.66	89	1.2375	50.55	123	3.3656
32.22	90	1.2750	51.11	124	3.4593
32.77	91	1.3125	51.66	125	3.5531
33.33	92	1.3500	52.22	126	3.6468
33.88	93	1.3875	52.77	127	3.7500
34.44	94	1.4344	53.33	128	3.8531
35	95	1.4812	53.88	129	3.9562
35.55	96	1.5281	54.44	130	4.0687
36.11	97	1.5750	55	131	4.1906

TEMPÉRATURE centigrade.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.	FORCE de la vapeur en pouces (27 millim.) de mercure.	TEMPÉRATURE centigrade.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.	FORCE de la vapeur en pouces (27 millim.) de mercure.
55°.55	132°	4.3125	74°.44	166°	10.2750
56.11	133	4.4343	75	167	10.5468
56.66	134	4.5562	75.55	168	10.8181
57.22	135	4.6875	76.11	169	11.0906
57.77	136	4.8187	76.66	170	11.3718
58.33	137	4.9590	77.22	171	11.6531
58.88	138	5.1000	77.77	172	11.9344
59.44	139	5.2406	78.33	173	12.2062
60	140	5.3812	78.88	174	12.4875
60.55	141	5.5313	79.44	175	12.7687
61.11	142	5.6718	80	176	13.0500
61.66	143	6.8218	80.55	177	13.3312
62.22	144	5.9718	81.11	178	13.6125
62.77	145	6.1218	81.66	179	13.9031
63.33	146	6.2812	82.22	180	14.2031
63.88	147	6.4406	82.77	181	14.5312
64.44	148	6.6094	83.33	182	14.8687
65	149	6.7781	83.88	183	15.2156
65.55	150	6.9562	84.44	184	15.5718
66.11	151	7.1344	85	185	15.9375
66.66	152	7.3218	85.55	186	16.3125
67.22	153	7.5093	86.11	187	16.6875
67.77	154	7.6870	86.66	188	17.0625
68.33	155	7.8750	87.22	189	17.4375
68.88	156	8.0625	87.77	190	17.8125
69.44	157	8.2593	88.33	191	18.2062
70	158	8.4562	88.88	192	18.6187
70.55	159	8.6625	89.44	193	19.1500
71.11	160	8.8687	90	194	19.4718
71.66	161	9.0750	90.55	195	19.8937
72.22	162	9.2906	91.11	196	20.3250
72.77	163	9.5156	91.66	197	20.7468
73.33	164	8.7594	92.22	198	21.2718
73.88	165	10.0125	92.77	199	21.7125

TEMPÉRATURE centigrade.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.	FORCE de la vapeur en pouces (27 millim.) de mercure.	TEMPÉRATURE centigrade.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.	FORCE de la vapeur en pouces (27 millim.) de mercure.
93°.33	200°	22.1625	112°.22	234°	41.9812
93.88	201	22.6125	112.77	235	42.7212
94.44	202	23.0718	113.33	236	43.4906
95	203	23.8125	113.88	237	44.2500
95.55	204	24.0093	114.44	238	45.0187
96.11	205	24.4968	115	239	45.7875
96.66	206	24.9937	115.55	240	46.5656
97.22	207	25.5000	116.11	241	47.3437
97.77	208	26.0067	116.66	242	48.1312
98.33	209	26.5218	117.22	243	48.9187
98.88	210	27.0375	117.77	244	49.4031
99.44	211	27.5718	118.33	245	50.3875
100	212	28.1250	118.88	246	51.2625
100.55	213	28.6875	119.44	247	52.0687
101.11	214	29.2594	120	248	52.8937
101.66	215	29.8406	120.55	249	53.1031
102.22	216	30.5312	121.11	250	54.5718
102.77	217	31.0218	121.66	251	55.4250
103.33	218	31.6125	122.22	252	56.2968
103.88	219	32.2031	122.77	253	57.1875
104.44	220	32.8703	123.33	254	58.0500
105	221	33.4031	123.88	255	58.9218
105.55	222	33.9844	124.44	256	59.7750
106.11	223	34.5637	125	257	60.7500
106.66	224	35.1844	125.55	258	61.6687
107.22	225	35.8125	126.11	259	62.5781
107.77	226	36.4594	126.66	260	63.4968
108.33	227	37.1156	127.22	261	64.4250
108.88	228	37.7812	127.77	262	65.3625
109.44	229	38.6437	128.33	263	66.3094
110	230	39.1406	128.88	264	67.3062
110.55	231	39.8344	129.44	265	68.2125
111.11	232	40.5375	130	266	69.2218
111.66	233	41.2500	130.55	267	70.1156

TEMPÉRATURE centigrade.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.	FORCE de la vapeur en pouces (27 millim.) de mercure.	TEMPÉRATURE centigrade.	TEMPÉRATURE Fahrenheit.	FORCE de la vapeur en pouces (27 millim.) de mercure.
131°.11	268°	71.0625	147°.22	297°	101.5406
131.66	269	72.0187	147.77	298	102.6375
132.22	270	72.9844	148.33	299	103.7250
132.77	271	73.9594	148.88	300	104.8196
133.33	272	74.9437	149.44	301	105.9187
133.88	273	75.9187	150	302	107.0156
134.44	274	76.8844	150.55	303	108.1125
135	275	77.9344	151.11	304	109.2187
135.55	276	79.4531	151.66	305	110.3250
136.11	277	80.1281	152.22	306	111.4312
136.66	278	81.0937	157.77	307	112.5281
137.22	279	82.1531	153.33	308	113.6250
137.77	280	83.2031	153.88	309	114.7218
138.83	281	83.6281	154.44	310	115.8093
138.88	282	85.3037	155	311	116.8966
139.44	283	86.3531	156.11	312	117.7844
140	284	87.4031	156.66	313	119.0625
140.55	285	88.4531	157.22	314	121.2094
141.11	286	89.5125	157.77	315	122.2785
141.66	287	90.6000	158.33	316	123.5958
142.22	288	91.4062	158.88	317	124.4250
142.77	289	92.7750	159.44	318	125.4937
143.33	290	93.8625	160	319	126.5625
143.88	291	94.9527	160.55	320	127.6312
144.44	292	96.0468	161.11	321	128.7000
145	293	97.1531	161.66	322	129.7680
145.55	294	98.2500	162.22	323	130.8375
146.11	295	99.3468	162.77	324	131.9062
146.66	296	100.4437			

M. Dalton a trouvé que l'élasticité de la vapeur de tout autre liquide que l'eau, est précisément la même à une distance égale du terme d'ébullition qui lui est propre. Celui de l'eau, par exemple, étant à 100° centig., l'élasticité de sa vapeur à la température de 83°.33 ou 16°.67 centigr. au-dessous de ce terme est, ainsi que nous le voyons dans la table, de 14.8687. L'alcool bout à 80° centig., l'élasticité de sa vapeur à la température de 63°.33 ou de 16°.67 au-dessous de son point d'ébullition, est également de 14.8687.

Cette découverte importante nous donne le moyen d'évaluer l'élasticité de la vapeur de tous les liquides à quelque température que ce soit, pourvu que le terme de leur ébullition soit connu; car il ne s'agit alors que de trouver la distance à ce point, de la température de la vapeur dont on cherche l'élasticité.

7. Tels sont les phénomènes de la conversion des liquides en fluides élastiques. Le docteur Black en fit, avec une grande sagacité, l'application à sa théorie du calorique latent, et démontra que cette conversion étoit absolument due à la même cause qui produit celle des solides en liquides; c'est-à-dire à la combinaison d'une certaine dose de calorique avec le liquide, sans aucune augmentation de température; la

vérité de ce fait très-important fut établie par les expériences suivantes.

Première expérience. Lorsqu'on place sur le feu un vase rempli d'eau, elle s'échauffe graduellement jusqu'à ce que sa température se soit élevée à 100° centig., et parvenue à ce terme, sa température n'augmente plus. Le feu continue toujours cependant de fournir du calorique qui pénètre l'eau et se combine avec elle, et comme elle n'en devient pas plus chaude, il faut que ce soit avec la portion qui s'en sépare à l'état de vapeur que cette combinaison ait lieu ; mais la température de cette vapeur n'est que de 100° centig., le calorique qui s'y est combiné ne l'a donc pas augmentée, et on en doit conclure qu'il n'a servi qu'à la former, puisqu'il n'a produit aucun autre changement.

Le docteur Black mit sur un fer chauffé au rouge un vase d'étain contenant un peu d'eau à 10° centig., quatre minutes après cette eau commença à bouillir, et au bout de vingt minutes, elle étoit entièrement évaporée par l'ébullition. Pendant les quatre premières minutes elle avoit reçu 90° centig. de calorique, ou 22°.50 centig. par minute. Si l'on suppose qu'elle en a reçu dans la même proportion, pendant tout le tems qu'a duré son évaporation totale par l'ébullition, il en résultera que la quantité de calorique

entré dans l'eau et qui l'a convertie en vapeur s'élève à 22°.50 × 20 = 450° centig. (1). Cependant ce calorique n'est pas indiqué par le thermomètre, puisque la température de la vapeur n'est que de 100° centig. C'est donc, suivant le docteur Black, du *calorique latent*.

Deuxième expérience. L'eau peut être chauffée dans le digesteur de Papin, jusqu'à 204°.44 centig. sans bouillir, parce que la vapeur étant fortement comprimée, il ne peut y en avoir de dégagement. Si alors on donne subitement ouverture au vaisseau, une portion de l'eau s'en échappe sous forme de vapeur; mais il en reste encore la plus grande partie à l'état d'eau, dont la température est aussitôt réduite à 100° centig. Et par conséquent, il y a eu dans cet instant, disparition de 104°.44 centig. de calorique qui a dû avoir été enlevé par l'eau convertie en vapeur; mais comme la quantité ne s'en élève qu'aux 0.20 environ de l'eau du vase, cette vapeur doit non-seulement contenir les 104°.44 centig. de calorique qui lui appartenoient, mais encore les 104°.44 centig., perdus par chacune des quatre autres portions des 0.20 l'une, non converties, ou 417°.76 centig. Cette vapeur est donc par conséquent de l'eau combinée

(1) Black's, *Lectures*. I. 157.

avec une quantité totale de calorique égale au moins à 104°.44 × 5 ou 522°.20 centig., dont la présence n'est point indiquée par le thermomètre. Cette expérience, faite pour la première fois par le docteur Black, fut répétée depuis avec plus de précision par M. Watt.

Troisième expérience. Lorsqu'après avoir placé des liquides chauds sous le récipient de la machine pneumatique, on fait promptement le vide, ces liquides bouillent, leur température s'abaisse considérablement et avec une grande rapidité; ainsi l'eau, quelque chaude qu'elle soit d'abord, est très-promptement réduite à la température de 21°.11 centigr., et l'éther devient subitement si froid qu'il fait geler l'eau qui environne le vaisseau qui le contient. Dans ces cas, il est indubitable que la vapeur transporte le calorique hors du liquide; mais la température de la vapeur n'est jamais plus élevée que celle du liquide lui-même; le calorique s'est donc combiné avec elle, et est devenu latent.

Quatrième expérience. Si l'on mêle une partie de vapeur à 100° centigr., avec neuf parties en poids, d'eau à 16°.66 centig., la vapeur se forme aussitôt en eau, et la température du mélange est de 81°.44 centig. Ainsi chacune des 9 parties d'eau a reçu 64°.78 de calorique, et la vapeur en a par conséquent perdu 9 × 64°.78 = 583°.02

centigrades ; mais comme sa température est diminuée de 18°.56 centigr. , il faut en retrancher cette quantité, restera donc plus de 560° centigr. de calorique qui existoit dans la vapeur, sans en augmenter la température. Cette expérience ne peut pas se faire directement, mais on y parvient en faisant passer une quantité, connue en poids, de vapeur, à travers un serpentin métallique entouré d'un poids donné d'eau. La chaleur acquise par cette eau indique le calorique que la vapeur a abandonné pendant sa condensation. Il résulte d'expériences faites de cette manière par M. Watt, que le calorique latent de la vapeur s'élève à 522°.22 centigr. Il seroit, d'après celles de Lavoisier, de plus de 555°. centigr.

Le docteur Black a reconnu par ses expériences, que non-seulement l'eau, mais encore tous les autres liquides, se combinent pendant leur conversion en vapeur avec une dose de calorique qui ne produit aucun changement de température, et qu'il en est de même pour tous les fluides élastiques à l'égard de la portion de calorique qu'ils abandonnent en devenant liquides. La conversion d'un solide en un liquide, est due à la combinaison du solide avec le calorique. La conversion d'un liquide en un fluide élastique, résulte encore de la combinaison du

liquide avec le calorique. Ainsi les liquides et les fluides élastiques sont des solides, ou des liquides, combinés avec le calorique, de sorte qu'on peut déduire des faits observés par Black, cette loi générale : *toutes les fois qu'un corps change d'état, il se combine avec du calorique, ou il en abandonne.*

On ne peut disconvenir que cette découverte ne soit une des plus importantes de celles faites jusqu'à présent en chimie, et c'est au docteur Black qu'elle est entièrement due; quelles qu'aient pu être à cet égard les prétentions d'autres chimistes, il est constant que c'est lui qui l'annonça le premier.

5. Parmi les corps solides, et liquides, il en est un très-grand nombre qui peuvent être convertis par le calorique en fluides élastiques, et conserver toutes les propriétés mécaniques des corps gazeux, tout aussi longtems que la température continue d'être convenablement élevée. Il est même extrêmement probable, que tous les corps de la nature seroient susceptibles de ce changement d'état, s'il étoit en notre pouvoir de produire une chaleur suffisamment intense. Mais si tous les corps peuvent être changés en fluides élastiques, il est très-vraisemblable aussi que tous les fluides élastiques peuvent à leur tour devenir solides ou liquides, en les exposant à une tempé-

rature assez basse. On peut donc supposer que tous les corps gazeux doivent leur état d'élasticité à une certaine dose de calorique, et les considérer comme des composés de calorique avec un corps solide ou liquide. Cette opinion, émise d'abord par Amontons, appuyée depuis avec beaucoup de succès par le docteur Black, et par Lavoisier, est adoptée de préférence aujourd'hui comme la plus sûrement établie, non-seulement par l'analogie, mais encore par beaucoup de faits très-frappans.

1. Si la vérité de cette opinion est bien reconnue, il doit s'ensuivre que tous les gaz sont susceptibles d'être privés de leur propriété d'élasticité par la perte de leur calorique, et qu'ils ne diffèrent des vapeurs que par le plus grand degré de froid qu'il est nécessaire de produire pour leur faire éprouver ce changement d'état. Il a été en effet reconnu que plusieurs gaz peuvent être condensés en liquides par l'abaissement de leur température. A 40.44 centigr. environ au-dessus de zéro, le gaz acide muriatique oxigéné devient liquide. Il forme même des cristaux solides à zéro. Le gaz ammoniaque se condense à — 430 centigr. environ. On n'a pas essayé jusqu'à présent de convertir d'autres gaz en liquides.

2. Il est bien reconnu que la pression aide singulièrement la condensation des vapeurs, et

que l'effet de cette pression diminue, comme la température des vapeurs augmente. Il y a lieu de croire que ce moyen devroit également faciliter la condensation des gaz, quoiqu'on l'ait essayé en vain sur plusieurs d'entre eux: ainsi, on a bien condensé l'air jusqu'à le rendre plus pesant que l'eau, mais sans parvenir à lui rien faire perdre de son élasticité, ce qui peut être attribué à l'élévation de la température à laquelle on a fait l'expérience, relativement à celle qui seroit nécessaire pour produire cet effet sur l'air.

3. On ne peut cependant disconvenir qu'il est plusieurs phénomènes difficilement conciliables avec cette constitution des gaz, toute ingénieuse, et toute plausible qu'elle est. Un des plus frappans, est la solidification soudaine de quelques-uns d'entre eux par leur mélange. Si, par exemple, on mêle ensemble du gaz ammoniaque et du gaz acide muriatique, il se produit un sel solide; et cependant le calorique dégagé est très-peu considérable, si on considère la difficulté de condenser ces gaz séparément, et si on le compare au grand dégré de froid qu'ils pourroient supporter avant de perdre leur élasticité. Il y a d'autres cas aussi où les corps gazeux forment, par leur union, un gaz nouveau jouissant de la même élasticité. Ainsi le gaz oxigène, et le gaz nitreux forment, en se

combinant ensemble, l'acide nitrique qui reste à l'état de gaz jusqu'à ce qu'il se trouve en contact avec quelque corps sur lequel il puisse avoir de l'action.

3°. *Changemens dans la composition des corps.*

[*Le calorique décompose les corps.*] L'effet du calorique n'est pas seulement d'augmenter le volume des corps, de les convertir de solides en liquides, et de liquides en fluides élastiques, mais encore il opère entièrement la décomposition d'un grand nombre d'entre eux, soit dans leurs élémens, soit parce que ces élémens se combinent d'une manière différente par son action. Ainsi l'ammoniaque chauffée au rouge, se réduit en gaz, azote, et hydrogène; et l'alcool est converti de la même manière en hydrogène carburé, et en eau.

1. Cette décomposition est due, dans beaucoup de cas, à la différence de volatilité des parties constituantes du composé. Ainsi, quand on chauffe un mélange d'alcool, et d'eau, l'alcool se sépare, parce qu'il est plus volatil que l'eau.

2. Les composés, qui ne sont que peu, ou qui ne sont pas du tout susceptibles d'être affectés par le calorique, sont en général ceux formés par la combustion. Ainsi, ni l'eau, ni les acides,

sulfurique, phosphorique, ou carbonique, ne peuvent être décomposés, à quelque degré de chaleur qu'on les expose.

3. Presque toutes les combinaisons dans lesquelles entre l'oxigène, sans avoir produit la combustion, sont susceptibles d'être détruites par le calorique. C'est ce qui a lieu à l'égard de l'acide nitrique, de l'acide muriatique sur-oxigéné, et de beaucoup d'oxides métalliques.

4. Tous les corps qui contiennent des substances combustibles comme parties constituantes, sont susceptibles d'être décomposés par le calorique. Peut-être les alliages métalliques forment-ils des exceptions à cette règle; au moins ne pouvons-nous, que dans un petit nombre de cas, produire une chaleur suffisante pour en opérer la décomposition.

5. Les corps qui contiennent, avec l'oxigène, deux substances combustibles, sont toujours très-facilement décomposables par le calorique. Telles sont, pour la plupart, les substances animales, et végétales.

Google

SECTION V.

De la quantité de calorique dans les corps.

Après avoir traité, dans la seconde section de ce chapitre, de la faculté qu'a le calorique de se mouvoir à travers les corps, et dans la troisième, de la manière dont il se distribue graduellement de lui-même dans tous les corps contigus qui s'établissent ainsi à la même température, l'objet qui se présentoit alors naturellement à considérer étoit celui de la quantité du calorique dans les corps; et les questions qui s'offroient, étoient les suivantes.

Lorsque différens corps sont à la même température, contiennent-ils la même quantité de calorique? La même quantité de calorique est-elle nécessaire pour produire le même changement de température dans tous les corps? Quel est le point auquel un thermomètre s'arrêteroit, s'il étoit plongé dans un corps entièrement dépourvu de calorique, ou quel est le point où commence l'échelle de température? Mais on ne pouvoit répondre d'une manière satisfaisante à ces questions sans connoître

les effets que le calorique produit sur les corps, puisque c'est par eux seulement, que se mesure la quantité qu'ils en contiennent. Il étoit donc nécessaire d'examiner d'abord ces effets, ainsi que nous l'avons fait dans la quatrième section, afin d'en appliquer utilement la connoissance à la recherche de la quantité de calorique qui peut exister dans les corps. Cette recherche comprend naturellement; 1°. celle des quantités relatives de calorique dans les corps, ou les quantités nécessaires pour produire dans chacun d'eux un changement connu de température ; c'est ce qu'on appelle ordinairement *calorique spécifique* ; 2°. celle de la quantité absolue de calorique qui existe dans les corps ; 3°. celle des phénomènes du *froid* ou de l'absence du calorique. Nous considérerons séparément, et par ordre, ces trois objets de recherches.

1°. *Du calorique spécifique des corps.*

[*Explication de ce qu'on entend par calorique spécifique.*] Lorsqu'on mêle ensemble deux quantités égales en poids, d'eau à 100° centig., par exemple, et d'huile de baleine à 50° centig., on doit naturellement s'attendre à trouver que la température de ce mélange, après l'avoir

agité, sera celle moyenne de 75° centig., et que par conséquent l'eau se sera refroidie de 25° centig., et l'huile échauffée de 25° centig. Mais si l'on fait l'expérience, ces résultats seront très-différens, car la température du mélange est de 83°.33 centig.; l'eau n'a par conséquent perdu que 16°.66 centig. de calorique, tandis que l'huile en a gagné 33°.33 centig. D'un autre côté, en mêlant ensemble des quantités égales en poids, d'eau à 50° centig., et d'huile à 100° centig., la température du mélange après l'agitation sera de 66°.66 centig., de sorte que l'huile aura abandonné 33°.34 centig. de calorique, et l'eau n'en aura reçu que 16°.66. Cette expérience démontre que l'huile de baleine n'exige pas la même quantité de calorique que l'eau, pour l'élévation de sa température d'un même nombre de degrés. La dose de calorique qui augmenteroit la température de l'huile de 12°.66 centig., n'éleveroit celle de l'eau que de 6°.33, et par conséquent l'augmentation par le calorique, de la température de l'eau étant de 1°, celle d'un poids égal d'huile de baleine sera de 2°.

Si on essaie de la même manière d'autres substances, on trouvera qu'elles diffèrent toutes entre elles, relativement à la quantité de calorique qui peut leur être nécessaire pour les

échauffer à une température donnée. Les unes en exigent plus qu'il n'en faudroit pour le même poids d'eau, les autres moins ; mais pour chacune, on trouvera qu'il est une quantité qui lui convient spécialement, et c'est cette quantité particulière à chaque corps qu'on appelle *calorique spécifique* de ce corps. Nous ne pouvons pas à la vérité, connoître la quantité absolue de calorique nécessaire pour produire un certain degré d'échauffement dans un corps quelconque ; mais si cette quantité inconnue pour échauffer l'eau d'un degré, par exemple, nous la faisons = 1, nous pourrons alors déterminer par expérience, combien elle devra être plus ou moins considérable pour l'élévation de la température d'autres corps d'un même nombre de degrés. Ainsi le calorique nécessaire pour échauffer l'eau de 1°, produisant sur la température d'un poids égal d'huile de baleine une augmentation de 2°, il s'ensuivra que le calorique spécifique de l'eau est deux fois plus considérable que celui de l'huile, et que si nous le faisons = 1, celui de l'huile de baleine sera = 0.50. On pourra trouver de cette manière le calorique spécifique de tous les corps.

[*Histoire*] C'est le docteur Black, qui dans ses leçons de chimie à Glasgow, de 1760 à

1765 (1), a le premier fait connoître cette différence de calorique spécifique des corps. Le docteur Irvine fit ensuite, de 1765 à 1770 (2) de nouvelles recherches sur ce sujet, qui fut également examiné par le docteur Crawford, dont les expériences furent publiées dans son ouvrage, ayant pour titre *Treatise on heat*. Ces trois auteurs désignèrent cette propriété des corps par l'expression de *capacité des corps pour le calorique*; mais le professeur Wilcke de Stockholm y substitua celle de *calorique spécifique*, généralement adoptée comme plus claire et plus précise (3).

Les expériences très-ingénieuses de M. Wilcke, dont il fit part à l'académie de Suède en 1771, et qui furent publiées dans les Transactions de Stockholm de 1772, nous donnent le calorique spécifique de beaucoup de métaux. Le métal sur lequel il opéroit étoit d'abord exactement pesé (ce poids étoit généralement de 5 hectogrammes.) Il le plongeoit ensuite, suspendu par

(1) Black's *Lectures*. I. 504.

(2) *Ibid.*

(3) Le terme de *calorique spécifique* a été employé dans un sens différent, par Seguin. Il s'en est servi pour exprimer la *quantité totale de calorique* qu'un corps contient.

un fil, dans un large vase d'étain en feuilles rempli d'eau bouillante, et l'y laissoit ainsi jusqu'à ce qu'il eut acquis une certaine température indiquée par un thermomètre : alors il plongeoit le métal dans une autre petite boîte d'étain en feuilles, contenant autant d'eau à zéro centig., qu'il en falloit pour égaler son poids, en l'y tenant suspendu de manière qu'il ne put toucher ni les parois ni le fond du vase, et il remarquoit, au moyen d'un thermomètre très-exact, le degré de chaleur au moment où le métal et l'eau se trouvoient réduits à la même température. Il déduisoit ensuite du changement de température, et par le calcul, le calorique spécifique du métal, celui de l'eau étant considéré comme l'unité (1).

---

(1) M. Wilcke établissoit son calcul, en cherchant d'abord à connoître quelle eût été la température produite, si une quantité d'eau égale en poids au métal, et à la même température que lui, avoit été ajoutée à l'eau à zéro, au lieu d'y plonger le métal retiré de l'eau bouillante.

Soit M une quantité d'eau à la température C, m une autre quantité à la température c; et soit x leur température moyenne après le mélange; on aura, suivant une règle depuis longtems démontrée par Richman, $x = \frac{MC + mc}{M + m}$. Ici les quantités d'eau étant égales, chacune des expressions M et $m = 1$. C la température

Le docteur Crawford fit à-peu-près dans le même tems, et en prenant toutes les précautions convenables pour opérer avec la même exactitude, des expériences analogues, en mêlant ensemble des corps de températures différentes.

Ces expériences furent publiées dans son Traité sur la chaleur ; mais comme il avoit négligé de faire attention aux changemens chimiques produits par le mélange de la plupart des substances dont il s'étoit servi, la première édition de son ouvrage présentoit des erreurs dans les conclusions qu'il avoit cru pouvoir déduire des résultats de ses expériences ; il les rectifia par des expériences subséquentes, et ces corrections furent insérées dans sa seconde édition. C'est par ces expériences qu'on a eu les

---

de l'eau froide $= 0$; donc $\frac{MC + mc}{M + m} = \frac{c}{2}$. Mais c est la température du métal ; donc la moitié de cette température exprimera celle du mélange, lorsqu'au lieu du métal, on aura ajouté à l'eau à zéro une quantité d'eau égale en poids au métal, et de même température que lui.

M. Wilcke calculoit ensuite quelle eût été la température du mélange, si, au lieu du métal, on avoit ajouté à l'eau à zéro une quantité d'eau à la même température que le métal, et qui lui fut égale *en volume*. Comme les poids de l'eau à zéro, et du métal, sont égaux, leurs volumes sont en raison inverse de leurs pesanteurs

connoissances de quelques-uns des faits les plus remarquables concernant le calorique spécifique.

---

spécifiques ; donc le volume de l'eau à zéro, est à une quantité d'eau chaude égale en volume au métal, comme la pesanteur spécifique du métal est à celle de l'eau. Soit $M =$ le volume de l'eau froide, $m =$ le volume de l'eau chaude, $g =$ la pesanteur spécifique du métal, $1 =$ la pesanteur spécifique de l'eau, alors $m : M :: 1 : g$; d'où on a $m = \frac{M}{g} =$ (M étant supposée $= 1$) $\frac{1}{g}$. En substituant cette valeur de m dans la formule ... $\frac{MC + mc}{M + m} = x$, dans laquelle $M = 1$ et $C = 0$, on aura $\frac{g + c}{g + 1}$. Donc, si on ajoute la température du métal à sa pesanteur spécifique, et qu'on divise la somme par la pesanteur spécifique du métal $+ 1$, le quotient sera la température à laquelle l'eau à zéro devra être élevée par l'addition d'un volume d'eau égal à celui du métal, et de même température que lui.

, Enfin M. Wilcke calcula ensuite combien il auroit fallu d'eau, à la température du métal, pour élever l'eau à zéro du même nombre de degrés qu'elle l'avoit été en y plongeant le métal retiré de l'eau bouillante. Soit la température à laquelle le métal avoit élevé l'eau à zéro $= N$. Si, dans la formule $\frac{MC + mc}{M + m} = x$, on fait $x = N$, $M = 1$, $C = 0$, m sera $\frac{N}{c - N}$. Donc, si l'on divise la température à laquelle l'eau à zéro avoit été élevée

La méthode qu'employoit le docteur Crawford étoit essentiellement la même que celle qui avoit

---

par le métal, par la température de ce métal, moins celle à laquelle il avoit élevé l'eau, le quotient exprimera la quantité d'eau, à la température du métal, qui auroit été nécessaire pour élever la température de l'eau à zéro d'un même nombre de degrés que l'avoit fait le métal. Maintenant $\frac{N}{c - N}$ exprime le calorique spécifique du métal, celui de l'eau étant $= 1$. Car (en négligeant la petite différence occasionnée par celle de température) le poids, et le volume de l'eau à zéro, sont au poids, et au volume de l'eau chaude, comme 1 est à $\frac{N}{c - N}$, et le nombre des molécules, dans chaque quantité d'eau, est dans le même rapport; mais le métal est égal en poids à l'eau à zéro; il doit donc contenir autant de molécules de matière; donc, la quantité de matière daus le métal doit être à la quantité de matière dans l'eau chaude, comme 1 est à $\frac{N}{c - N}$; mais le métal et l'eau chaude donnent la même quantité de calorique, qui étant également distribué entre leurs molécules, fournit à chacune d'elles une portion de calorique qui est en raison inverse du volume du métal, et de celui de l'eau, c'est-à-dire que le calorique spécifique de l'eau est au calorique spécifique du métal, comme 1 est à $\frac{N}{c - N}$.

Pour mieux faire sentir l'application de ce calcul aux résultats des expériences de M. Wilcke, nous allons en présenter ici deux pour exemple :

été suggérée d'abord par le docteur Black. Deux

OR, *pesanteur spécifique*.... 19.040.

NOMBRE des expériences.	TEMPÉRATURE du métal.	TEMPÉRATURE à laquelle le metal élevoit l'eau à zéro.	TEMPÉRATURE à laquelle l'eau à zéro auroit été élevée par une quantité d'eau égale en poids au métal et de même température.	TEMPÉRATURE à laquelle l'eau à zéro auroit été élevée par une quantité d'eau égale en volume au métal et de même température.	DÉNOMINATEUR de la fraction $\frac{N}{c-N} = \frac{\frac{1}{c-N}}{N}$, le numérateur étant 1.
	Centigr.	Centigr.	Centigr.	Centigr.	
1	75°	3° 56	36° 50	3°641	19.857
2	62.50	3	31.25	3.10	19.853
3	53	2.50	26.50	2.60	20.500
4	48	2.25	24	2.30	20.333
5	39.50	2	18.75	1.90	18.750
6	»	1.36	17.50	1.70	19
				Terme moyen.....	19.712

PLOMB, *pesanteur spécifique*... 11.456.

1	86°	3° 50	43°	6°902	23.571
2	83	2.70	41.50	6.372	24.558
3	74	2.44	37	5.928	23.666
4	73	2.44	36.50	5.860	23.333
5	58	2.50	29	4.635	22.200
6	55	2.25	27.50	4.415	24.700
7	52.50	2.25	26.25	4.214	22.333
8	42	1.75	21	3.521	23.000
9	34.50	1.50	17.25	2.769	22.000
				Terme moyen.....	23.515

substances de températures différentes étoient mêlées uniformément ensemble, et le changement de température produit sur chacune d'elles par le mélange, étoit considéré comme étant en raison inverse de son calorique spécifique (1).

Lavoisier et La Place ont fait aussi plusieurs expériences sur le calorique spécifique des corps, par une méthode aussi simple qu'ingénieuse, imaginée par M. Laplace, et au moyen d'un

---

Il faut observer que la dernière colonne indique le dénominateur du calorique spécifique du métal, le numérateur étant toujours l'unité, de même que le calorique spécifique de l'eau; ainsi, le calorique spécifique de l'or est $\frac{1}{19.712}$. C'est de cette manière, et en prenant le terme moyen d'un certain nombre d'expériences à des températures différentes, que M. Wilcke a déterminé le calorique spécifique de beaucoup d'autres corps.

(1) Le calorique spécifique de l'eau étant $= 1$, soit w la quantité d'eau qui est ordinairement une des substances mêlées ensemble, et w sa température. Soit B la quantité de l'autre corps dont on cherche le calorique spécifique, et b sa température; soit enfin m la température après le mélange. Le calorique spécifique de B est $\frac{w \times m - w}{B \times b - m}$, ou, lorsque l'eau est la substance la plus chaude de celles qui forment le mélange, $B = \frac{w \times w - m}{B \times m - b}$. Black's *Lectures*. I. 506.

instrument auquel Lavoisier donna le nom de *calorimètre*. Il consiste en trois vaisseaux circulaires, inscrits à-peu-près l'un dans l'autre, de manière à former 3 chambres ou cavités séparées, qu'on peut désigner par les dénominations de cavités, *intérieure, du milieu*, et *extérieure*. La cavité intérieure est formée d'un grillage ou cage de fil de fer, soutenue par plusieurs barreaux de fer. Sa partie supérieure ou son ouverture, est fermée par un couvercle composé de la même manière. C'est dans cette cage de fil de fer que se placent les corps qu'on veut soumettre à l'expérience. La cavité du milieu est destinée à être remplie de glace qui y est soutenue sur un grillage ; l'eau qui s'en écoule est reçue à l'aide d'un robinet, dans un vase placé sous la machine. La cavité extérieure est également destinée à être remplie de glace, et l'eau qui en sort est conduite par un tube auquel aboutit un robinet, et de manière à ne pas se mêler avec celle de la cavité du milieu. On a déja observé que le calorique ne peut passer à travers la glace à zéro, qu'il y entre bien, mais qu'il y reste, et est employé à la fondre. La quantité qui en est fondue est alors la mesure du calorique qui est entré. Lorsque les cavités, du milieu et celle extérieure ont été remplies de glace, et que la température de la cavité intérieure est

descendue à zéro, on chauffe à un degré quelconque, à 100° centig., par exemple, les substances dont on cherche à connoître le calorique spécifique, et on les y place immédiatement, renfermées dans un vase mince. A mesure que ces substances se refroidissent elles fondent de la glace dans la cavité du milieu, et l'eau qui se produit s'écoule à mesure par le robinet, dans le vase mis sous l'instrument pour la recevoir. On remplit la cavité extérieure de glace, afin de prévenir tout effet de l'air environnant sur la glace de la cavité du milieu. La température de cet air ne doit jamais être au-dessous de zéro ni au-dessus de 5°. centig. En plaçant, dans cet instrument, différentes substances à la même température, et en observant combien chacune d'elles fait fondre de glace en se refroidissant à zéro, il étoit aisé de connoître leur calorique spécifique. Si, par exemple, l'eau en se refroidissant de 100°. centig. à zéro, faisoit fondre une livre de glace, et d'huile de baleine, une demi-livre seulement, on en concluoit que le calorique spécifique de l'eau = 1. et celui de l'huile = 0.50. Cette méthode paroît être la plus simple, et en même tems la plus exacte, de toutes celles qu'on a pu employer pour les expériences sur ce sujet, si l'on peut s'assurer que toute la glace fondue s'est écoulée dans le

vaisseau qui reçoit l'eau qu'elle produit; mais c'est ce qui, d'après une expérience de M. Wedgewood, sembleroit ne pas avoir lieu, car il a reconnu que l'eau provenant de la glace fondue, avant de sortir par le robinet, se gèle de nouveau et obstrue le passage.

M. Kirwan a également formé une table du calorique spécifique de divers corps, que Magellan a insérée dans son Traité sur la chaleur. M. Meyer a dernièrement publié une série d'expériences sur le calorique spécifique des bois desséchés, et M. Leslie nous a donné, dans son Essai sur la chaleur, le résultat de ses expériences sur diverses substances. Meyer fit les siennes, en s'assurant de la marche que suivoient différens corps à volumes égaux dans leur refroidissement : il en déduisoit leur faculté conductrice du calorique, et considéroit le calorique spécifique comme étant réciproquement le produit de la faculté conductrice multipliée par la pesanteur spécifique du corps (1). M. Leslie observa aussi la durée du refroidissement à volumes égaux, dans les mêmes circonstances. Il

(1) Soit L la faculté conductrice, A le calorique spécifique, et M la pesanteur spécifique; on a, suivant Meyer, $A = \frac{1}{LM}$. Ann. de chim. XXX. 46.

multiplioit alors les quantités ainsi trouvées par la pesanteur spécifique des divers corps essayés (1).

On a formé la table suivante des résultats des expériences faites sur le calorique spécifique de diverses substances.

1. *Gaz.*

	Calorique spécifique.
Hydrogène	21.4000 (C)
Oxigène	4.7490 (C)
Air commun	1.7900 (C)
Acide carbonique	1.0459 (C)
Azote	0.7036 (C)

2. *Eau.*

Glace	0.9000 (K)
Eau	1.0000
Vapeur	1.5500 (C)

3. *Dissolutions salines.*

Carbonate d'ammoniaque		1.851 (C)
Sulfure d'ammoniaque		0.994 (C)
Sulfate de magnésie	1	0.844 (C)
Eau	2	
Muriate de soude	1	0.832 (C)
Eau	8	
Nitrate de potasse	1	0.8167 (LL)
Eau	8	

(1) Leslie. *On Heat*, p. 240.

Suite des dissolutions salines.

		Calorique spécifique.
Nitrate de potasse	1	0.646 (K)
Eau	5	
Muriate d'ammoniaque	1	0.798 (K)
Eau	1.5	
Tartrite de potasse	1	0.765 (K)
Eau	2.373	
Sulfate de fer	1	0.734 (K)
Eau	2.5	
Sulfate de soude	1	0.728 (K)
Eau	2.9	
Alun	1	0.649 (K)
Eau	2.9	
Acide nitrique	9.33	0.6189 (LL)
Chaux	1	
Dissolution de sucre brut		0.086 (K)

4. *Acides et alcalis.*

Acide nitrique	pâle	0.844 (K)
	(1.2989)	0.6613 (LL)
		0.62 (L)
	(1.335)	0.570 (K)
Acide muriatique	(1.122)	0.680 (K)
Acide sulfurique	(1.885)	0.758 (K)
	(1.872)	0.429 (K)
		0.34 (L)
	(1.87)	0.3345 (LL)
Idem 4. Eau 5		0.6631 (LL)
Idem 4. *Id.* 3		0.6031 (LL)
Vinaigre		0.387 (K)
Idem distillé		0.103 (K)
Potasse (1.346)		0.759 (K)
Ammoniaque (0.997)		0.708 (K)

5. *Liquides inflammables.*

	Calorique spécifique.
Alcool	0.6666 (C)
	0.64 (L)
	0.6024 (C)
	1.086 (K)
Huile d'olives	0.716 (K)
	0.500 (L)
Huile de lin	0.528 (K)
Huile de baleine	0.5000 (C)
Huile de thérébentine	0.472 (K)
Blanc de baleine	0.399 (K)

6. *Fluides animaux.*

Sang artériel	1.0300 (C)
Sang veineux	0.8928 (C)
Lait de vache	0.9999 (C)

7. *Solides animaux.*

Peau de bœuf avec le poil	0.7870 (C)
Poumon de brebis	0.7690 (C)
Maigre de bœuf	0.7400 (C)

8. *Solides végétaux.*

Pin sauvage	0.65 (W)
Sapin	0.60 (W)
Tilleul des bois	0.62 (W)
Epicéa	0.58 (W)
Pommier sauvage	0.57 (W)
Aune	0.53 (W)
Chêne rouvre	0.51 (W)

Suite des solides végétaux.

	Calorique spécifique.
Frêne commun	0.51 (W)
Poirier	0.50 (W)
Riz	0.5050 (C)
Féverolles	0.5020 (C)
Poudre de pin	0.5000 (C)
Pois	0.4920 (C)
Hêtre	0.49 (W)
Charme commun	0.48 (W)
Bouleau	0.48 (W)
Orme	0.47 (W)
Chêne blanc	0.45 (W)
Prunier ordinaire	0.44 (W)
Ebène du commerce	0.43 (W)
Orge	0.4210 (C)
Charbon de terre	0.2777 (C)
Avoine	0.4160 (C)
Fraisil	0.1923 (C)

9. *Substances terreuses, poterie, et verre.*

Chaux	0.2564 (C)
Chaux vive	0.2229 (C) 0.2168 (LL)
Cendres de charbon de terre	0.1855 (C)
Cendres d'orme	0.1402 (C)
Agathe	0.195 (M)
Cristal	0.1929 (LL)
Verre de Suède	0.187 (M)
Flint-glass	0.174 (K)

10.

	Calorique spécifique.
Soufre	0.183

11. *Métaux.*

Fer	0.125 (K) 0.1269 (C) 0.126 (M)
Laiton	0.1123 (C) 0.116 (M)
Cuivre	0.1111 (C) 0.114 (M)
Fer en feuilles	0.1099 (LL)
Métal des canons	0.1100 (R)
Zinc	0.0943 (C) 0.102 (W)
Argent	0.082 (W)
Etain	0.068 (K) 0.0704 (LL) 0.060 (W)
Antimoine	0.086 (K) 0.0645 (C) 0.063 (W)
Or	0.050 (W)
Plomb	0.050 (K) 0.0352 (C) 0.042 (W)
Bismuth	0.043 (W)
Mercure	0.033 (K) 0.0357 (C) 0.0290 (LL) 0.0496 (Dalton.)

12. *Oxides.*

	Calorique spécifique.
Oxide de fer	0.320 (K)
Rouille de fer	0.2500 (C)
Idem purgée d'air.	0.1666 (C)
Oxide blanc d'antimoine lavé . .	0.220 (K) 0.2272 (C)
Idem purgé d'air	0.1666
Oxide de cuivre.	0.2272 (C)
Oxides de plomb et d'étain . . .	0.102 (K)
Oxide de zinc	0.1369 (C)
Oxide d'étain à-peu-près purgé d'air.	0.0990 (C) 0.096 (K)
Oxide jaune de plomb	0.0680 (C) 0.068 (K)

(C) Docteur Crawford.
(K) Kirwan.
(LL) Lavoisier et Laplace.
(W) Wilke.
(M) Meyer.
(R) Rumford.
(L) Leslie.

On voit par cette table, qu'en général, et sauf quelques exceptions, le calorique spécifique des gaz est plus considérable que celui des liquides, et que le calorique spécifique des liquides est plus grand que celui des solides. Les observations les plus importantes concernant le calorique spécifique des corps examinés jusqu'à présent, sont les suivantes.

[*Résultats généraux.*] 1. Le docteur Crawford conclut des résultats du grand nombre

d'expériences qu'il fit relativement au calorique spécifique des corps à des températures diverses, qu'il est à-peu-près permanent dans le même corps tant que ce corps ne change pas d'état; mais son raisonnement est fondé sur deux suppositions qui ne sont, ni l'une ni l'autre, suffisamment prouvées. La première, que le thermomètre à mercure donne la mesure exacte du calorique ; la seconde qu'il n'y a point d'union chimique du calorique avec les corps. A l'aide de ces suppositions, qui ne nous paroissent pas admissibles, il trouva que le calorique spécifique de l'eau ne varie point à des températures différentes, et il finit par annoncer qu'en mêlant des corps à diverses températures avec de l'eau il établissoit la permanence de leur calorique spécifique (1). Il faut convenir cependant qu'on n'observe pas des variations sensibles dans le calorique spécifique des corps tant qu'ils restent dans le même état, si ce n'est dans un ou deux cas, que le docteur Crawford a lui-même reconnus.

2. Toutes les fois qu'un corps change d'état son calorique spécifique change en même tems. Si c'est un solide qui devient liquide, ou si c'est un liquide qui est converti en fluide élastique,

(1) Crawford, *on Heat*, p. 55.

le calorique spécifique *augmente*. Il *diminue*, si c'est un fluide élastique qui devient liquide, ou un liquide qui devient solide. La découverte de ce fait très-important est due au docteur Irvine, qui l'appliqua avec beaucoup de sagacité à l'explication d'un grand nombre de phénomènes curieux et remarquables.

3. Le calorique spécifique des corps augmente par leur combinaison avec l'oxigène ; ainsi les oxides métalliques ont plus de calorique spécifique que les métaux, et les acides en ont plus que leurs bases. Crawford se servit avec avantage de ce fait qu'il avoit observé, pour établir sa théorie de la chaleur animale.

4. Le calorique spécifique de l'oxigène diminue lorsqu'il entre en combinaison avec des substances inflammables ; ce fait annoncé par Crawford, ne paroît pas établi d'une manière entièrement satisfaisante.

5. Le calorique spécifique des corps est réciproquement comme leur faculté conductrice.

2°. *De la quantité absolue de calorique dans les corps.*

On voit que la quantité relative de calorique dans les différens corps, varie considérablement, même quand ils sont, d'après l'indication du thermomètre, à la même température.

Cet instrument ne peut donc servir pour donner la mesure de la quantité de calorique contenu dans les corps, puisque sans parler du calorique spécifique, il ne dénote pas du tout la présence de celui qui occasionne la fluidité. Ainsi la vapeur de l'eau à 100° centig. contient 555° de calorique de plus que l'eau bouillante, et cependant la température de l'une et de l'autre est la même. Existe-t-il alors un moyen quelconque de connoître la quantité absolue de calorique que contient un corps? A quel degré un thermomètre (en supposant cet instrument propre à la mesure d'une température aussi basse), s'arrêteroit-il, si on l'appliquoit à un corps entièrement privé de calorique? Où, quel est le degré du thermomètre qui répond au zéro réel?

Le docteur Irvine de Glasgow, est le premier qui conçut la possibilité de résoudre cette question. Il établit à cet égard une théorie qui, je ne sais par quelle raison, a été attribuée à Kirwan.

[*Hypothèse du docteur Irvine.*] 1. Il est évident que si le calorique spécifique des corps continue d'être le même à toutes les températures, la quantité absolue de calorique dans les corps doit être proportionnelle au calorique spécifique. Ainsi le calorique spécifique de l'huile de baleine n'étant que la moitié de

celui de l'eau, l'eau doit contenir deux fois autant de calorique que l'huile de baleine à la même température. Supposons l'un et l'autre de ces deux corps entièrement dépouillés de leur calorique, et que dans cet état on leur applique un thermomètre ; le point qu'il indiquera sera celui du froid absolu, ou de l'absence totale du calorique. Pour élever la température de l'huile, et de l'eau, d'un degré, il faudra les plonger dans une certaine quantité de calorique qui pour l'eau devra être double de celle nécessaire pour produire le même effet sur l'huile ; et comme ce n'est que de cette manière qu'on parviendroit à augmenter la température de ces deux substances de 2, 3, 4 et d'un nombre quelconque de degrés, il s'ensuit, qu'à toutes les températures l'eau devra contenir deux fois autant de calorique que l'huile.

2. C'est sur cette supposition, que le calorique spécifique des corps continue d'être le même à toutes les températures, que le docteur Irvine fondoit son raisonnement. Il avoit reconnu que lorsqu'un corps passe, de l'état de solide, à celui de liquide, son calorique spécifique augmente en même tems, et il avoit observé qu'il en étoit ainsi lorsqu'un liquide étoit converti en fluide élastique ; mais cette permanence du calorique spécifique des corps, sur

laquelle il établissoit sa théorie, n'avoit réellement lieu que pendant qu'ils restoient dans le même état. Le docteur Irvine supposoit également que lorsqu'un corps solide est changé en un liquide, le calorique absorbé, sans qu'il en résulte aucun accroissement de température, ou le calorique latent, n'est que la conséquence de l'augmentation du calorique spécifique du corps. Ainsi quand la glace est convertie en eau, il y a absorption de 77°.77 centig. de calorique, parce que le calorique spécifique de l'eau est, comparativement à celui de la glace, assez considérable pour que cette quantité additionnelle de calorique lui soit nécessaire pour la maintenir à la même température qu'elle avoit lorsque son calorique spécifique étoit moindre. Il explique, par la même supposition, l'absorption du calorique lors de la conversion des liquides en fluides élastiques.

3. La théorie du docteur Irvine sur le calorique absolu des corps, est établie sur ces deux suppositions qu'il considéroit comme premiers principes. Par la première, il trouvoit la proportion des quantités absolues de calorique des corps, et par la seconde, la différence entre ces quantités. Avec ces données, il étoit facile d'évaluer la quantité absolue de calorique de tout corps quelconque. Si l'on suppose par exemple,

que le calorique spécifique de l'eau est à celui de la glace comme 10 est à 9, et que par la conversion de la glace en eau, la quantité de calorique absorbé est de 77°.77 centig.; soit x la quantité absolue de calorique dans la glace à zéro, il est évident que cette quantité dans l'eau à zéro est $x + 77°.77$, mais ces deux quantités sont, l'une à l'autre, comme 10 est à 9. On aura donc cette proportion, $10 : 9 :: x + 77°.77 : x$, et par conséquent $10x = 9x + 699°.93$, d'où l'on tire $x = 699°.93$ centig. On trouvera donc que la quantité absolue de calorique dans la glace à zéro est d'environ 699°.93 cent. Celle de l'eau à la même température sera par conséquent de 777°.70 centig. ou, en établissant la proportion différemment, et en considérant que le calorique spécifique de l'eau est à celui de la glace, comme 10 est à 9. Il est clair que les 77°.77 centig. de calorique qu'abandonne l'eau, lorsqu'elle passe à l'état de glace, représentent les 0.10 de la totalité du calorique qu'elle contenoit. Cette quantité étoit donc de 77°.77 × 10, ou 777°.77 centig.

Telle étoit l'ingénieuse méthode que proposoit le docteur Irvine, pour connoître le zéro réel, ou le degré auquel s'arrêteroit un thermomètre, s'il étoit appliqué à un corps entièrement dépourvu de calorique. On voit, que par le calcul

ci-dessus, il seroit, à l'égard de la glace, de 699°.93 centigr. au-dessous du zéro; cependant M. Crawford, qui a fait ses expériences sur un grand nombre de corps différens, le place à — 851°.11 centigr.

4. Malheureusement, la vérité des principes qui servent de base à cette théorie du docteur Irvine, n'est pas bien établie. Loin que sa première proposition, que le calorique spécifique des corps continue d'être le même à toutes les températures, soit démontrée par l'expérience, le contraire a lieu dans quelques cas, ainsi que le docteur Irvine lui-même l'a éprouvé à l'égard de l'huile de baleine et de la cire, et que l'a observé le docteur Crawford relativement à d'autres corps (1). Mais lors même que cette proposition seroit vraie, nous n'en serions pas plus en droit d'affirmer que le calorique spécifique est proportionnel au calorique absolu. Car quoique, par exemple, le calorique spécifique de la glace soit à celui de l'eau comme 9 est à 10, il ne s'en suit pas que leur calorique absolu suivra la même proportion; ou bien il faudra supposer que le calorique est incapable de s'unir chimiquement aux corps.

5. La seconde proposition, que l'absorption

(1) *On Heat*, p. 478.

du calorique par un corps, pendant qu'il change d'état, est due au changement du calorique spécifique du corps, n'est également appuyée d'aucune preuve directe, et ne peut, en effet, être admise, si l'on considère le calorique comme susceptible de combinaison chimique avec les corps. La disparition des 522°.22 centigr. de calorique, lors de la conversion de l'eau en vapeur, n'a d'autre cause suivant le docteur Irvine, que l'augmentation du calorique spécifique de la vapeur sur celui de l'eau.

Mais quelle est la cause qui produit le changement d'état de l'eau, et qui lui donne cette tendance que nous lui connoissons, à absorber le calorique avant qu'elle soit effectivement devenue vapeur, tendance au moyen de laquelle elle exerce une force capable de lui faire vaincre les obstacles les plus puissans? Si ce changement est l'effet de la combinaison du calorique, ainsi que l'annoncent tous les phénomènes, alors l'hypothèse du docteur Irvine est inadmissible : car de sa théorie et de celle de Crawford, résulte également cette conséquence, comme axiome, que le calorique est incapable de combinaison avec les corps.

Lorsque deux corps s'unissent ensemble chimiquement, il se produit presque toujours un changement de température, le composé aban-

donnant, ou absorbant du calorique. Le docteur Irvine s'assura, par un grand nombre d'expériences, qu'il résulte de cette combinaison un changement semblable dans le calorique spécifique du composé (1). Lorsque son calorique spécifique augmente, sa formation produit le froid; si le calorique spécifique du composé est moindre, il y a dégagement de calorique. Le docteur Irvine inféra de ces faits, conformément à son opinion, que le calorique dégagé, ou absorbé, dans ces cas, est proportionnel au changement de calorique spécifique, et la conséquence de ce changement. Ainsi, il étoit facile, d'après cette hypothèse, en connoissant le calorique spécifique de deux corps avant leur combinaison, le calorique spécifique du composé, et le calorique dégagé ou absorbé, de déterminer la quantité absolue de calorique qu'il contenoit. Soit, par exemple, le calorique spécifique de deux corps avant leur combinaison = 2, et après la combinaison = 1. Il est évident que, pendant leur combinaison, ils doivent avoir abandonné la moitié de leur calorique absolu; et en supposant la quantité de calorique dégagé égale à 400° cent., on aura, pour celle totale contenue dans les deux corps, 2 fois 400 ou 800° cent.

(1) Crawford, *on Heat*, p. 455.

Si l'on combine ensemble les deux corps A et B égaux en poids, le calorique spécifique de A étant C et celui du corps B, c; soit le calorique spécifique, après la combinaison $K + k$, alors, suivant le docteur Irvine, $C + c - K + k : K + k :: l =$ le calorique dégagé : $S =$ le calorique absolu, d'où on a $S = \frac{l(K+k)}{C+c-K-k}$ (1). Si les poids des corps combinés ne sont pas égaux, alors soit $Q =$ le poids du corps A, et q celui du corps B, on aura, comme ci-dessus, ... $CQ + cq - KQ + kq : KQ + kq :: l : S$, et par conséquent $S = \frac{l(KQ+kq)}{CQ+cq-KQ-kq}$.

Cette hypothèse ne peut être vraie, que dans la supposition, que la quantité S, trouvée par le mélange des substances dans des proportions différentes, est toujours la même; que dans le cas, par exemple, ou en mêlant ensemble, en diverses proportions, de l'eau et de l'acide sulfurique concentré, le calorique dégagé à chaque essai de mélange, comparé avec le changement de calorique spécifique, donneroit la même valeur de S. Mais les résultats des expériences faites sur ce sujet n'offrent point une semblable valeur constante de S.

(1) Seguin, Ann. de chim. V. 231.

D'après les expériences faites par MM. Lavoisier et La Place,

1°. Un mélange d'eau, et de chaux vive, dans la proportion de 9 à 16 donneroit le zéro réel, à 1921°.11 centigr. au-dessous du zéro thermométrique ;

2°. Un mélange d'acide sulfurique et d'eau, dans la proportion de 4 à 3, le fixeroit à 4051°.11 centigr. ;

3°. Le même mélange, dans le rapport de 4 à 5, le place à 1461°.11 centigr. ;

4°. Enfin, par un mélange d'acide nitrique et de chaux, dans le rapport de 9.33 à 1, il se trouve être de $\frac{1889}{-0.01783} = +13260°.50$ cent.

Les résultats de ces expériences, si elles sont exactes, diffèrent tellement les uns des autres, le dernier sur-tout, qui place le zéro réel bien au-delà de la chaleur rouge, est si absurde, qu'ils doivent suffire pour prouver combien les suppositions avancées sont peu fondées, et pour nous convaincre que l'hypothèse du docteur Irvine ne peut être admise, tant qu'on n'y trouvera pas les moyens d'expliquer les anomalies que ces résultats présentent.

6. M. Dalton (1) a proposé dernièrement

(1) Manchester's Mémoires. V.

une autre méthode pour déterminer la quantité absolue de calorique dans les corps. Ce savant suppose que la force de répulsion qui existe entre les molécules des fluides élastiques est due à la combinaison du calorique, avec ces molécules, et qu'elle est toujours proportionnelle à la quantité absolue de calorique ainsi combiné. Maintenant le diamètre de la sphère d'étendue de l'influence d'une molécule est la mesure de la répulsion, et il est proportionnel à la racine cube de toute la masse. La répulsion exercée par les molécules d'un fluide élastique à différentes températures, est proportionnelle à la racine cube du volume du fluide à ces températures; donc, suivant cette hypothèse, la quantité absolue de calorique dans les fluides élastiques à différentes températures, est proportionnelle aux racines cubes de leurs volumes à ces températures. Ainsi, par exemple, le volume de l'air à 120.77 centigr. étant 1000, il sera de 1325 à 100° centigr. Donc le calorique absolu dans l'air à 120.77 centigr., est à celui dans l'air à 100° centigr. comme $\sqrt[3]{1000}$ est à $\sqrt[3]{1325}$ ou à-peu-près, comme 10 : 11. Soit x le calorique absolu de l'air à 12°.77 centigr., alors le calorique absolu de l'air à 100° centig. est $x + 87°.23$ centigr.; ce qui donne la pro-

portion $10 : 11 :: x : x + 87°.23$: d'où l'on tire $x = 872°.30$ centigr. En retranchant, de cette quantité absolue du calorique de l'air à 12°.77 centig., le nombre des degrés de sa température, on aura pour terme du zéro réel 859°.53 centigr. au-dessous du zéro thermométrique (1).

Ces résultats, d'après l'hypothèse de Dalton, correspondent, à-peu-près, à ceux que Crawford obtint de quelques-unes de ses expériences; mais si on applique cette hypothèse à d'autres températures, on ne trouvera plus la même coïncidence, ainsi que l'a fort bien fait remarquer un écrivain anonyme dans le journal de Nicholson (2). Il paroît, d'après les exemples qu'on y cite, que plus la température à laquelle la comparaison se fait est élevée, et plus le point obtenu, comme terme du commencement de l'échelle du calorique, est bas, mais il est probable, ainsi que l'a observé Dalton, que cela provient de ce que le thermomètre n'est pas une mesure exacte de l'échelle de température (3) : car en la corrigeant d'après les expériences de Deluc, l'anomalie disparoît dans un des exemples présentés.

(1) Manchester *Mémoires*. V. 601.
(2) 1803. IV. 223.
(3) *Ibid.* V. 34.

Quoique cette hypothèse de Dalton soit établie sur une supposition dont la vérité ne peut être démontrée, elle n'en paroît pas moins extrêmement probable jusqu'à un certain point. Si en effet les fluides élastiques doivent leur état particulier de fluidité au calorique, et si leur élasticité augmente comme leur quantité de calorique s'accroît ; je ne vois pas comment on pourroit nier que la répulsion entre les molécules de ces corps est proportionnelle au calorique qui y est combiné, non pas cependant à la totalité de leur calorique, mais à cette portion seulement qui occasionne leur élasticité, et qui l'augmente. On est généralement d'accord à présent, que par la soustraction du calorique, les fluides élastiques peuvent être convertis en liquides, et même en solides. Dalton lui-même est un des partisans de cette opinion ; mais loin que la répulsion existe entre les molécules des liquides, et des solides, elles jouissent d'une propriété contraire, elles s'attirent, et cependant on ne peut disconvenir qu'elles ne contiennent toutes une grande quantité de calorique. Lorsqu'on convertit des fluides élastiques en liquides, en leur enlevant du calorique, on détruit dans leurs molécules la force répulsive, et néanmoins on leur laisse encore une quantité considérable de calorique. Ce n'est donc

pas alors de la totalité du calorique combiné avec les molécules des fluides élastiques, que provient leur force de répulsion, mais seulement d'une portion de ce calorique. On ne dira pas, sans doute, que la force répulsive des molécules des fluides élastiques est proportionnelle à la quantité de calorique qui n'a aucune action pour produire cet effet, et qui resteroit en combinaison, lors-même que la force de répulsion seroit anéantie; elle ne peut donc être proportionnelle qu'à la portion du calorique qui l'occasionne, et c'est cette quantité seulement que l'hypothèse de Dalton peut nous donner les moyens de connoître. Pour avoir celle totale de calorique que les fluides élastiques contiennent, il faudroit supposer qu'ils continuent d'être à cet état tant qu'ils ne sont pas entièrement privés de leur calorique, excepté dans la dernière molécule, et une telle supposition ne peut avoir lieu. L'hypothèse de Dalton ne nous donne même aucune notion précise du calorique de fluidité élastique d'un corps, qu'autant que le calorique spécifique du corps étant déterminé, on réduit la quantité du calorique de fluidité à un terme connu, comme à celui du nombre de degrés dont il éleveroit la température de l'eau, en supposant qu'il ne lui fit pas changer d'état. Cela est en effet

absolument nécessaire dans tous les cas de recherches du zéro réel, car comme il faut plus de calorique pour élever la température d'un corps d'un certain nombre de degrés, que pour produire le même changement sur un autre ; si l'on suppose ces deux corps entièrement privés de calorique, et élevés ensuite l'un et l'autre à une certaine température, le nombre des degrés de calorique ajouté à chacun des deux seroit égal, mais la quantité absolue de calorique qu'ils auroient reçue l'un et l'autre seroit très-différente.

Le terme de zéro réel ne peut donc avoir de signification, pour exprimer la quantité de calorique dans les corps, qu'autant qu'on la rapporte à quelque corps particulier, comme l'eau, dont on fait un objet de comparaison. Ainsi il paroît qu'aucune des méthodes proposées jusqu'à présent, n'est suffisante pour nous mettre en état de connoître la véritable quantité de calorique que contiennent les corps ; mais en même tems, je ne doute point que Dalton, dont la sagacité et la précision sont connues, ne nous procure, par la continuation de ses recherches sur ce sujet, la connoissance de faits plus curieux et des instructions plus importantes.

3°. *Du froid.*

Après avoir exposé les méthodes indiquées pour connoître la quantité relative de calorique dans les corps à la même température, et les différentes hypothèses établies concernant la recherche de leur calorique absolu : il ne nous reste plus que quelques observations à faire sur la soustraction de ce calorique des corps, ou sur ce qu'on appelle dans le langage ordinaire, *le froid.*

[*Sensation de la chaleur et du froid.*] Lorsque le calorique se combine avec nos propres corps, ou s'en sépare, nous éprouvons, dans le premier cas, la sensation de la *chaleur*, et dans le second, celle du *froid.* Lorsque je pose la main sur un fer chaud, une portion du calorique du fer l'abandonne pour entrer dans ma main, et il en résulte pour moi la sensation de la chaleur. Si, au contraire, je touche un morceau de glace, le calorique s'échappe avec rapidité de ma main pour se combiner avec la glace, et j'éprouve du froid. Ainsi, c'est l'entrée du calorique dans nos corps qui produit sur nous l'effet de la chaleur, comme c'est de sa sortie dans nos corps que résulte celui du froid. On appelle corps chaud, celui qui communique

fait qui ait pu donner quelque consistance à l'opinion que le froid est un corps, résulte de la très-curieuse expérience suivante de M. Pictet (1). Il plaça deux miroirs concaves d'étain à la distance de 3402 millim. l'un de l'autre, il mit au foyer de l'un de ces miroirs un thermomètre d'air très-sensible, et au foyer de l'autre un matras de verre rempli de neige; le

(1) Cette expérience, ou au moins une semblable, avoit été faite depuis longtems, et se trouve rapportée dans les Essais de l'académie *del Cimento*, traduits par Waller en 1684, p. 103. On y présente ainsi le détail de la neuvième expérience sur le froid réfléchi : « Voulant essayer si un miroir concave placé en avant d'une masse de glace du poids de 500 liv. produiroit quelque répercussion sensible de froid sur un thermomètre très-délicat de 400° placé à son foyer, la vérité est qu'il commença immédiatement à s'abaisser; mais à raison de sa grande proximité de la glace, il y avoit lieu de douter lesquels, des rayons de froid directs, ou réfléchis, étoient les plus efficaces. Nous nous avisâmes à cet effet de couvrir le miroir, et alors (quelle qu'en puisse être la cause) l'esprit de vin commença réellement à s'élever. Quoi qu'il en soit, nous ne pouvons pas assurer que cela ne provint pas de quelqu'autre cause que de la non réflexion du miroir, parce que nous manquâmes, en faisant ces essais, de ce qui nous auroit été nécessaire pour rendre nos expériences bien exactes. »

Journals of the royal institution. I. 224.

thermomètre descendit aussitôt de plusieurs degrés, il remonta dès l'instant que le matras eut été retiré. En versant de l'acide nitrique sur la neige que contenoit le matras, le thermomètre descendit de quelques degrés plus bas. Ainsi, dans cette expérience, le froid sembloit avoir été émis par la neige, et réfléchi par les miroirs sur le thermomètre, ce qui ne pouvoit avoir lieu qu'autant que le froid seroit une substance. Mais pour rendre raison du résultat de cette expérience très-intéressante, et qui mérite d'être examinée avec la plus grande attention, il faut se rappeler que le calorique rayonne continuellement de tous les corps. Il est évident que la température du thermomètre, comme celle de tous les autres corps, est maintenue en partie par l'irradiation du calorique des corps environnans, et puisqu'il est placé au foyer de l'un des miroirs, il doit être affecté par tout corps quelconque, situé au foyer de l'autre. Si le corps au foyer de celui-ci est plus froid que les corps environnans, son rayonnement de calorique sur le thermomètre sera moindre, et par conséquent, il s'abaissera jusqu'à ce que le calorique qui lui manque lui soit remplacé par quelqu'autre source. Telle est à-peu-près l'explication que Prevost, et le docteur Hutton, donnèrent de

ce fait, mais quelqu'ingénieuse qu'elle soit, on ne peut disconvenir qu'elle ne suffit pas. M. Leslie en eût donné une satisfaisante de ce phénomène, s'il avoit pu prouver que les rayons supposés du calorique sont des pulsations aériennes.

Il est possible de produire un très-grand degré de froid, en mêlant ensemble différens solides susceptibles de devenir subitement liquides. On en a déja expliqué la raison; mais comme on a souvent l'occasion de faire usage en chimie de mélanges semblables, pour parvenir à exposer les corps à l'influence de températures suffisamment basses, nous pensons qu'il pourra être utile d'indiquer les différentes substances dont on peut se servir avec avantage pour cet objet, ainsi que les degrés de froid qu'on peut obtenir avec chacune d'elles.

[*Mélanges frigorifiques.*] M. Fahrenheit est le premier qui ait fait des expériences sur les mélanges frigorifiques; mais ce sujet a été beaucoup plus complètement traité par M. Walker, dans un mémoire publié dans les Transactions Philosophiques pour 1795. Le professeur Lowitz a particulièrement trouvé depuis, qu'en mêlant du *muriate de chaux* avec de la neige, on obtenoit un très-grand degré de froid (1). Ses

(1) Ann. de chim. XXII. 297; et XXIX. 281.

expériences ont été dernièrement répétées avec beaucoup d'étendue par M. Walker (1) : on en trouvera les résultats dans la table suivante.

Table des mélanges frigorifiques.

Mélanges.	Parties.	*Abaissement du thermomètre.* Éch. centigr.
Muriate d'ammoniaque.....	5	de 10° à — 12°.22
Nitrate de potasse.....	5	
Eau.....	16	
Muriate d'ammoniaque.....	5	de 10° à — 15°.55
Nitrate de potasse.....	5	
Sulfate de soude.....	8	
Eau.....	16	
Nitrate d'ammoniaque	1	de 10° à — 15°.55
Eau.....	1	
Nitrate d'ammoniaque	1	de 10° à — 13°.88
Carbonate de soude.....	1	
Eau.....	1	
Sulfate de soude.....	3	de 10° à — 16°.11
Acide nitrique étendu	2	
Sulfate de soude.....	6	de 10° à — 12°.22
Muriate d'ammoniaque.....	4	
Nitrate de potasse.....	2	
Acide nitrique étendu.....	4	
Sulfate de soude.....	6	de 10° à — 10°
Nitrate d'ammoniaque.....	5	
Acide nitrique étendu.....	4	

(1) Phil. Trans. 1801, p. 120.

Mélanges.	Parties.	*Abaissement du thermomètre.* Ech. centig.
Phosphate de soude.....	9	de 10° à — 11°.11
Acide nitrique étendu.....	4	
Phosphate de soude.....	9	de 10° à — 6°.11
Nitrate d'ammoniaque.....	6	
Acide nitrique étendu.....	4	
Sulfate de soude.....	8	de 10° à — 17°.77
Acide muriatique.....	5	
Sulfate de soude.....	5	de 10° à — 16°.11
Acide sulfurique étendu....	4	
Neige.....	1	de 0° à — 17°.77
Muriate de soude.....	1	
Muriate de chaux.....	3	de 0° à — 27°.77
Neige.....	2	
Potasse.....	4	de 0° à — 28°.33
Neige.....	3	
Neige.....	1	de — 6°.66 à —51°.
Acide sulfurique étendu....	1	
Neige ou glace pilée.....	2	de —17°.77 à —20°.55
Muriate de soude.....	1	
Neige et acide nitrique étendu.		de —17°.77 à —43°.33
Muriate de chaux.....	2	de —17°.77 à —54°.44
Neige.....	1	
Neige ou glace pilée.....	1	de —20°.55 à —27°.77
Muriate de soude.....	5	
Muriate d'ammoniaque et nitrate de potasse.....	5	

Mélanges.	Parties.	*Abaissement du thermomètre.* Ech. centig.
Neige.....	2	de —23°.33 à —48°.88
Acide sulfurique étendu....	1	
Acide nitrique étendu	1	
Neige ou glace pilée.....	12	de —27°.77 à —31°.66
Muriate de soude.....	5	
Nitrate d'ammoniaque.....	5	
Muriate de chaux.....	3	de —40° à —58°.33
Neige.....	1	
Acide sulfurique étendu....	10	de —55°.55 à —68°.33
Neige.....	8	

Il faut, pour produire ces effets, que les sels employés soient tout récemment cristallisés, et réduits en poudre très-fine. Il est nécessaire aussi que les vaisseaux dont on se sert pour faire les mélanges frigorifiques soient très-minces, et assez larges seulement pour les contenir : enfin le mélange doit être fait le plus promptement possible. Avant de mêler ensemble, et de placer dans le mélange frigorifique convenable, les substances avec lesquelles on veut opérer un grand degré de froid, on les réduit d'abord à la température indiquée dans la table en les mettant dans quelques-uns des autres mélanges frigorifiques. Si, par exemple, il s'agit de produire un froid de — 43°.33 centigr. ; il faudra d'abord, et avant de

les mêler ensemble, refroidir la glace et l'acide nitrique étendu jusqu'à — 17°.77 centigr., en plaçant le vaisseau contenant chacune de ces substances dans le douzième mélange frigorifique de la table. S'il faut produire un plus grand degré de froid, on abaissera convenablement la température des substances en les soumettant encore, avant de les mêler ensemble, à l'effet d'un second mélange frigorifique, et on continuera à opérer préalablement ainsi sur ces substances, jusqu'à ce qu'on ait obtenu le degré de froid qu'on desiroit (1).

SECTION VI.

Des sources du calorique.

Nous connoissons la nature, les propriétés, et les effets du calorique, autant que les recherches faites jusqu'à présent sur ces divers objets ont pu nous en instruire. Il ne nous reste donc plus à considérer à cet égard, que les moyens de le rendre sensible, en le dégageant des différentes sources dont on peut l'ob-

(1) Walker, Phil. Trans. 1795.

tenir. Le calorique émane continuellement du soleil par *rayonnement ;* il est dégagé pendant la combustion, et dans beaucoup de cas il est rendu sensible par la percussion, le frottement et le mélange. Les sources qui le produisent sont donc au nombre de cinq; savoir, le *soleil*, la *combustion*, la *percussion*, le *frottement*, le *mélange*. C'est dans cet ordre que nous allons considérer séparément chacune d'elles.

1°. *Soleil.*

[*Nature du soleil.*] Le soleil, qui constitue pour ainsi dire la partie vitale de tout le système solaire, est un globe immense de 142114 myriamètres au moins de diamètre, suivant le calcul des astronomes, et contenant 333928 fois autant de matière que la terre. Les physiciens ont supposé pendant longtems que le soleil étoit dans un état de combustion violente ; et c'est à cette cause qu'ils attribuoient l'émanation prodigieuse de lumière et de calorique qui s'en fait continuellement ; mais il paroît prouvé, par les observations aussi curieuses qu'importantes faites dernièrement par le docteur Herschell, que cette opinion est erronée (1), et que le soleil

(1) Phil. Trans. 1801, p. 265.

est un globe solide opaque, semblable à celui de la terre ou autres planètes, et environné d'une atmosphère très-dense et très-étendue. Dans cette atmosphère flottent deux régions de nues : dans la région la plus basse les nues sont opaques et semblables à celles que forment notre atmosphère; mais dans la région la plus élevée les nues sont lumineuses, et émettent cette immense quantité de lumière à laquelle le soleil doit sa splendeur. Il paroît aussi que ces nues lumineuses sont sujètes à des variations dans leur quantité de lumière et d'éclat, ce qui, suivant le docteur Herschell, produit les différences d'émission de calorique et de lumière du soleil dans les diverses saisons, et lui paroît être une des causes principales de la différence de température dans les années.

1. Il émane du soleil, d'après les expériences d'Herschell, Bockman et Wollaston, trois espèces de rayons : les *calorifiques*, les *colorifiques* et les *désoxidans*. Les premiers produisent la *chaleur*, les seconds la *couleur*, et les troisièmes séparent l'oxigène des corps.

2. Les rayons solaires ne produisent que peu d'effet sur les corps transparens, tandis qu'ils échauffent les corps opaques; d'où il suit que les corps transparens se laissent traverser par

les rayons solaires, et que les corps opaques les retiennent au moins en partie. Plus la couleur du corps opaque est foncée, et plus l'élévation de la température, par son exposition aux rayons du soleil, est considérable. Le docteur Hooke s'assura de ce fait, connu depuis longtems, par une suite d'expériences intéressantes, qui furent répétées par Francklin. Ce physicien ayant placé sur de la neige et exposé à la lumière du soleil, des morceaux de draps de différentes couleurs, (blanc, rouge, bleu, noir), il trouva qu'ils s'enfonçoient davantage et qu'ils acquéroient conséquemment plus de calorique, à proportion de leur teinte plus obscure. Cette expérience a été répétée avec plus de précision par Davy.

Il exposa à la lumière six morceaux de cuivre de dimensions égales, peints en blanc, jaune, rouge, vert, bleu et noir. Il les disposa de manière qu'il n'y eut qu'un de leurs côtés d'illuminé: à celui qui ne l'étoit pas, il fixa un morceau de cérat susceptible de fondre à la chaleur de 24°.44 centig. Le cérat attaché au morceau de cuivre noirci devint liquide le premier, celui du morceau peint en bleu, immédiatement après; ensuite le cérat des morceaux peints en vert, en rouge, puis du morceau peint en jaune; enfin ce fut le cérat du morceau de cuivre peint en blanc,

qui fondit le dernier de tous (1). Il est actuellement bien connu que les corps de couleur obscure réfléchissent moins de lumière que ceux légèrement colorés, lors même qu'ils y sont les uns et les autres également exposés ; mais puisqu'ils en reçoivent les uns et les autres la même quantité, il est évident que les premiers doivent en absorber et en retenir davantage que les seconds. On voit en effet, par l'expérience suivante, que cette absorption a lieu. Thomas Wedgewood plaça deux blocs de marbre lumineux ou phosphorescens, dont l'un avoit été noirci, sur un fer chauffé justement au-dessous de la chaleur rouge. Le bloc noirci ne donna pas de lumière, tandis que celui qui ne l'avoit pas été en répandit en grande quantité. Ayant mis ces deux blocs une seconde fois de la même manière sur le fer chaud, il apperçut encore une foible lumière, provenant du marbre à surface nette, et toujours le marbre noirci ne produisoit rien de visible. Il le nettoya alors, et posa de nouveau les deux blocs sur le fer chaud. Celui qui avoit été noirci ne donna précisément que la foible lumière de l'autre (2). Dans ce cas, la lumière qui auroit dû provenir du marbre lumineux avoit disparu ; elle avoit

(1) Beddoes's *Contributions*, p. 4.

(2) Phil. Trans. 1792.

donc été arrêtée dans son passage et retenue par l'enduit noir. Cavallo a observé qu'un thermomètre dont la boule a été noircie, se tient toujours plus élevé que celui dont la boule est nue, lorsqu'on les expose l'un et l'autre à la lumière du soleil, du jour, ou d'une lampe (1). M. Pictet a fait la même observation, et s'est de plus assuré, qu'en laissant pendant quelque tems ensemble dans un lieu obscur ces deux thermomètres, ils se mettent parfaitement d'accord. Il a également remarqué qu'après les avoir fait monter l'un et l'autre d'un certain nombre de degrés, celui à boule nue descend beaucoup plus vîte que l'autre (2).

[*Chaleur produite par les rayons du soleil.*] 3.° L'effet de l'action directe des rayons du soleil sur la température des corps, excède à peine 48°.88 centig.; mais on peut le rendre beaucoup plus considérable, en empêchant la communication du calorique qu'ils en reçoivent aux corps environnans. M. Saussure employa une petite boîte garnie de liége desséché, dont il charbonna la surface de manière à la rendre noire et spongieuse, et à la fois susceptible d'absorber la plus grande quantité de rayons solaires, et

(1) Phil. Trans. 1780.

(2) *Sur le Feu*, ch. 4.

de conduire le moins possible le calorique. Il recouvrit cette boîte de morceaux de verre bien transparens ; lorsqu'il l'eut exposée aux rayons du soleil, un thermomètre qu'il y avoit laissé, monta dans peu de minutes à 105° centig., la température de l'atmosphère n'étant que de 23°.88 centig. (1) Le professeur Robison construisit un appareil de même genre. Il employa trois vases minces de flint-glass, dont la faculté de transmission du calorique est plus grande que celle des autres espèces de verre. Ces vases de même forme, et voutés à leur partie supérieure, avec un intervalle entre eux d'environ 9 millimètres, posoient sur une bâse de liége préparé comme celui de M. Saussure, et étoient placés sur du duvet contenu dans un cylindre de carton ; avec cet appareil le thermomètre monta souvent, dans un beau jour d'été, à 110°, et une fois, jusqu'à 113°.88 centig., lors même, qu'en le présentant devant un feu brillant, le thermomètre ne s'élevoit pas à plus de 100° centig (2).

(1) *Voyage sur les Alpes.* II. 952.

(2) Black's, *Lectures.* I. 547. En transportant l'appareil dans une cave humide, avant de poser les vases de verre sur leur base de liége, de manière qu'ils fussent intérieurement remplis de l'air de la cave, le thermomètre ne s'élevoit

[*Chaleur produite par les lentilles.*] 4. Telle est la température produite par l'action directe des rayons du soleil ; mais lorsque ces rayons sont concentrés par le moyen d'un verre ardent, ils peuvent enflammer aisément les corps combustibles, et même produire un degré de chaleur au moins aussi considérable que celui du feu le plus violent et le mieux soutenu. Pour obtenir cet effet, il faut que les rayons solaires soient dirigés sur quelque corps capable de les absorber et de les retenir, car il seroit très-foible, ou même nul, s'il étoient concentrés sur des corps transparens, ou fluides comme l'air, par exemple.

5. De ces faits, connus depuis longtems, les physiciens inférèrent que la fixation de la lumière dans les corps, produit toujours l'élévation de leur température. On savoit aussi, d'un autre côté, que l'intromission du calorique dans les corps leur donne toujours une apparence lumineuse, puisqu'en les chauffant à un certain point ils deviennent rouges. On en concluoit donc que la lumière, et le calorique, se développent réciproquement l'un et l'autre, et on expliquoit

---

jamais au-dessus de 97°.77 centig., d'où le docteur Robison concluoit que l'air humide est meilleur conducteur que l'air sec, conclusion pleinement confirmée par les expériences subséquentes du comte de Rumford.

cet effet en supposant qu'ils ont la propriété de se repousser mutuellement.

[*Due à la fixation du calorique.*] 6. Mais les découvertes récentes dans cette branche de la chimie ayant fait voir que le calorique, ainsi que la lumière, émane du soleil par rayonnement; on ne peut plus attribuer l'élévation de température à l'absorption de la lumière, mais à celle du calorique, et nous voyons en effet, que les rayons de la lune, quoique lumineux, n'occasionnent aucune élévation de température. Il faut donc conclure de ces observations que le soleil émet des rayons calorifiques, qu'ils sont absorbés par les corps opaques et retenus par eux, et que, toutes choses égales d'ailleurs, cette absorption est en raison de leur couleur plus ou moins foncée. Ainsi il paroît que lorsqu'un corps est soumis à l'action des rayons du calorique, son changement de température dépend de son opacité et de sa couleur, et à cet égard, les effets du calorique s'accordent avec ceux de la lumière. Mais lorsque le calorique est *conduit* dans un corps, son opacité ou sa couleur n'influe en aucune manière sur le changement qui en peut résulter dans sa température.

2°. *Combustion.*

[*Phénomènes de la combustion.*] Il n'y a peut-être pas de phénomène plus remarquable, plus intéressant sous le rapport de son utilité, et qui ait attiré plus particulièrement l'attention des chimistes, que celui de la *combustion*. Lorsqu'on chauffe une pierre, ou une brique, ces corps n'éprouvent d'autre changement qu'une élévation dans leur température; lorsqu'ils sont abandonnés à eux-mêmes, ils se refroidissent aussitôt et reviennent à leur premier état; mais il n'en est pas ainsi des corps combustibles. Lorsqu'ils sont chauffés à un certain point à l'air, ils acquièrent très-rapidement un grand degré de chaleur, qu'ils conservent pendant un tems considérable, en envoyant aux corps environnans un courant abondant de calorique et de lumière. Cette émission, après une certaine période, commence à diminuer, et finit par cesser totalement. Le combustible a éprouvé alors le changement le plus complet: il est converti en une substance qui a des propriétés très-différentes, et qui n'est plus susceptible de combustion. Ainsi, lorsqu'on tient pendant quelque tems du charbon de bois à la température de 426°.66 centig., il s'allume, devient très-chaud, et donne pendant longtems

du calorique et de la lumière. Lorsque cette émission cesse, le charbon a totalement disparu, à l'exception d'un résidu peu considérable de cendres. Il a été presqu'entièrement converti en gaz acide carbonique, qui s'est dégagé, si l'expérience ne se fait pas dans des vaisseaux propres à le recevoir. Si on a recueilli ce gaz, on trouve que son poids excède de beaucoup celui de la totalité du charbon consumé.

1. La première explication qu'on essaya de donner de la combustion étoit bien peu satisfaisante. On supposoit l'existence d'un corps élémentaire appelé *feu*, qui avoit la propriété de dévorer certains autres corps, et de les convertir en sa propre substance. En mettant le feu à un fourneau rempli de charbon, on y introduisoit, suivant cette hypothèse, une portion de cet élément qui commençoit immédiatement à consumer le charbon, et à le changer en feu, à l'exception de la portion quelconque de ce charbon qui n'étoit pas propre à lui servir d'aliment, et qu'il laissoit à l'état de cendres.

[*Théorie de Hooke sur la combustion.*] 2. Le docteur Hooke proposa en 1665, une hypothèse beaucoup plus ingénieuse, et plus plausible, sur les phénomènes de la combustion. Il annonça qu'il existe dans l'air ordinaire une certaine substance qu'il considéroit comme semblable, si

elle n'étoit pas absolument la même, à celle fixée dans le nitrate de potasse. Cette substance avoit, suivant lui, la propriété de dissoudre tous les corps combustibles, mais seulement lorsque leur température étoit considérablement élevée. La dissolution avoit si rapidement lieu, qu'elle produisoit à la fois chaleur et lumière, qui ne résultoient l'une et l'autre, dans son opinion, que du simple mouvement des particules de la matière. La substance dissoute étoit en partie à l'état d'air, et en partie coagulée sous forme liquide ou solide. La quantité de cette substance dissolvante que contient un volume d'air, est incomparablement moindre que celle qui existe dans un volume égal de nitrate de potasse, d'où il résulte qu'un corps combustible ne continue de brûler que pendant un court espace de tems dans un volume donné d'air, parce que le dissolvant étant promptement saturé, la combustion cesse d'avoir lieu. Aussi le meilleur moyen d'opérer la combustion avec succès, étoit-il de renouveler continuellement l'air, comme celui de l'accélérer considérablement, étoit de le faire affluer par le moyen de soufflets (1).

(1) Hooke's, *Micographia*, p. 103. *Voyez* aussi son *Lampas*.

[*Adoptée par Mayow.*] Environ 10 ans après la publication de la *Micrographie* de Hooke, M. Mayow établit la même théorie dans un Traité sur le salpêtre, qui parut alors à Oxford (1). Nous lui sommes redevables d'un grand nombre d'expériences ingénieuses et importantes, dans lesquelles il a devancé plusieurs chimistes modernes ; mais ses raisonnemens sont pour la plupart absurdes, et ce qu'il ajoute à la théorie de Hooke est sur-tout excessivement extravagant. Il donne le nom de *spiritus-nitro-aereus* à la substance dissolvante de Hooke, et suppose qu'elle consiste dans des molécules d'une très-grande ténuité qui sont continuellement, avec celles des corps combustibles, dans un état de lutte qui donne lieu à tous les changemens produits. Le feu résulte de la grande vîtesse de mouvement de ces molécules, et la chaleur d'une vîtesse moindre. Le soleil n'est autre chose que ces particules nitro-aériennes dans un état de grande rapidité de mouvement. Elles remplissent l'espace : la vîtesse de mouvement de ces molécules diminue en raison de leur éloignement du soleil, et lorsqu'elles approchent de la terre elles deviennent pointues et constituent le *froid* (2).

(1) *De sal-nitro et spiritu nitro-aereo.*

(2) Quelque absurdes que soient les additions de Mayow,

[*Théorie de Stahl.*] 3. Cette théorie de Hooke et de Mayow ayant attiré toute l'attention des chimistes, il en parut bientôt une autre d'un genre très-différent. Proposée d'abord par Becher, elle fut depuis présentée par son disciple Stahl avec tant d'habileté, dans une forme systématique si élégante, et appuyée de recherches si nombreuses, si appropriées, et si convaincantes, qu'elle fut aussitôt presque généralement adoptée, et valut à ce chimiste un rang des plus distingués parmi les savans.

Suivant cette théorie de Stahl, toutes les substances combustibles contiennent en elles-mêmes un certain corps connu sous le nom de *phlogistique*, auquel elles doivent leur combustibilité.

à cette théorie qui n'étoit pas la sienne, il faut convenir néanmoins qu'on reconnoît l'homme d'un grand génie dans son Traité, et qu'il est rempli de vues nouvelles pleinement confirmées par les découvertes récentes en chimie. C'est lui qui trouva la cause de l'augmentation de poids des métaux par la calcination, qui reconnut le changement produit sur l'air par la respiration et la combustion, et qui employa dans ses recherches un appareil semblable à celui pneumato-chimique actuel. Le 14e. chapitre de son Traité est peut-être le plus intéressant; il y déploie, sur les affinités, des connoissances beaucoup plus exactes et plus étendues que celles de ses contemporains, et même de ceux qui l'ont suivi longtems après.

Cette substance est absolument la même dans tous les combustibles, qui ne diffèrent par conséquent entre eux que par la diversité de leurs autres principes avec lesquels le phlogistique est combiné ; la combustion, et tous les phénomènes qui s'y rapportent, dépendent uniquement de la séparation et de la dissipation de ce principe, dès qu'elles ont eu lieu, le reste du corps est incombustible. Le phlogistique est particulièrement disposé à être affecté d'un mouvement violent de tournoiement, et la chaleur ainsi que la lumière qui se manifestent pendant la combustion, sont simplement deux propriétés du phlogistique dans cet état de grande agitation.

4. Le célèbre Macquer, dont les travaux ont enrichi la chimie de plusieurs de ses branches les plus importantes, fut un des premiers à reconnoître dans cette théorie de Stahl un vice frappant ; Isaac Newton avoit prouvé que la lumière est un corps, il étoit donc absurde d'en faire une simple propriété du phlogistique, ou l'élément du feu. Macquer considéra le phlogistique comme n'étant autre chose que la lumière fixée dans les corps : cette opinion fut embrassée par un grand nombre de chimistes des plus distingués, et on chercha par beaucoup d'argumens ingénieux à en démontrer la

vérité ; mais si le phlogistique n'étoit que la lumière fixée dans les corps, comment se faisoit-il que le calorique se manifestât de lui-même pendant la combustion ? Ce calorique n'étoit donc qu'une propriété de la lumière ? Le docteur Black prouva qu'il est capable de se combiner avec les corps qui ne sont pas combustibles, et d'y rester dans cet état de combinaison, comme dans la glace et dans l'eau, et la conclusion qu'il en falloit tirer que le calorique n'étoit pas une propriété, mais un corps, obligea les chimistes de recourir à d'autres hypothèses sur la nature du phlogistique.

5. Ils supposèrent alors l'existence d'une matière particulière éminemment subtile et élastique, capable de pénétrer les corps les plus denses, et la source du calorique, de la lumière, du magnétisme, de l'électricité, et même de la gravitation. Cette matière, l'*éther* de Hooke et de Newton, étoit aussi suivant eux, le phlogistique fixé dans les corps combustibles. Lorsqu'il en étoit séparé et rendu libre, il imprimoit aux substances connues sous les dénominations de calorique et de lumière, ces mouvemens qui produisent sur nous les sensations de la chaleur et de la lumière, d'où s'ensuivoit la manifestation de l'une et de

l'autre, dans tous les cas de combustion. C'étoit aussi la raison pour laquelle un corps est plus lourd après la combustion, car le phlogistique étant lui-même la cause de la gravitation, il eût été absurde de supposer qu'il possédât cette propriété; il étoit plus raisonnable de le considérer comme doué d'un principe de légèreté.

[*Théorie de Stahl modifiée par Priestley.*]

6. Quelque tems après que cette dernière modification eût été apportée à la théorie du phlogistique, le docteur Priestley, qui étendoit déja avec une grande rapidité les limites de la chimie pneumatique, répéta un grand nombre des expériences qui avoient été faites sur la combustion par Hooke, Mayow, Boyle et Hales, en y en ajoutant plusieurs des siennes propres; il trouva, ainsi qu'ils l'avoient remarqué avant lui, que l'air dans lequel on avoit laissé brûler un combustible jusqu'à ce qu'il s'y éteignit, avoit éprouvé un changement très-remarquable, car aucun corps combustible ne pouvoit plus y brûler, ni aucun animal y respirer sans être suffoqué. Il en conclut que ce changement étoit dû au phlogistique, que l'air s'étoit combiné avec cette substance, et que l'air est nécessaire à la combustion à raison de ce qu'il attire le phlogistique pour lequel il a une affinité très-

forte. S'il en étoit ainsi, l'origine de la chaleur et de la lumière, qui se produisent pendant la combustion, resteroit toujours à expliquer, car si le phlogistique ne se sépare du combustible qu'en se combinant avec l'air, il est certain qu'il ne peut avoir aucune action sur ces corps dans quelqu'état qu'on puisse les supposer.

[*Par le docteur Crawford.*] 7. Le docteur Crawford essaya de résoudre cette difficulté, en appliquant à la théorie de la combustion, la doctrine du calorique latent du docteur Black. Suivant lui, le phlogistique du combustible, en se combinant avec l'air pendant la combustion, en sépare le calorique et la lumière qui existoient déja en état d'union avec ce fluide; et c'est à cette séparation qu'est due la manifestation du calorique et de la lumière pendant la combustion. Cette théorie qui différoit beaucoup de celle de Stahl étoit incontestablement plus satisfaisante, mais elle ne donnoit point encore de réponse à cette question : qu'est-ce que le phlogistique?

[*Et par Kirwan.*] 8. M. Kirwan, que de nombreuses découvertes et des recherches importantes sur quelques-unes des parties les plus difficiles de la chimie, faisoient compter au nombre des savans les plus éclairés, entreprit de lever l'incertitude que laissoit encore la

théorie de Stahl sur la véritable nature du phlogistique, et de prouver qu'il n'étoit autre chose que l'hydrogène. Cette opinion, que M. Kirwan annonça, lui avoir été suggérée par les découvertes du docteur Priestley, fut accueillie avec une grande faveur et entièrement adoptée, ou admise avec certaines modifications, par Bergman, Morveau, Crell, Wiegleb, Westrumb, Hermstadt, Karsten, Bewley, Priestley et Delamétherie. M. Kirwan dans son traité ayant pour titre, *an Essai on Phlogisticon and the Constitution of acids* (1), avoit pour objet, de

(1) En parlant des diverses théories de la combustion, j'ai oublié de citer celle établie par Schéele, dans son ouvrage intitulé : *Chemical Experiments on air and fire*, publié en 1777. Il annonça pouvoir conclure de ses expériences, que le calorique étoit un composé d'une certaine quantité d'oxigène combiné avec le phlogistique; que le calorique rayonnant, susceptible d'être propagé en lignes droites comme la lumière, et incapable d'entrer en combinaison avec l'air, étoit un composé d'oxigène uni avec une plus grande proportion de phlogistique, et la lumière, une combinaison semblable, avec une dose encore plus considérable de phlogistique. Il supposoit aussi que la différence entre les rayons de lumière résultoit de la proportion de phlogistique qu'ils contenoient. C'est dans le rayon rouge qu'elle étoit la plus foible, suivant lui, et dans le violet qu'elle étoit la plus forte. Par *phlogistique*, Schéele semble avoir désigné l'*hydrogène*. Il seroit inutile

prouver que l'hydrogène existe comme partie composante de tout corps combustible, qu'il en est séparé pendant la combustion, et se combine avec l'oxigène de l'air.

[*Réfutée par Lavoisier.*] 9. Pendant qu'on modifioit ainsi de diverses manières la théorie de Stahl sur la combustion, l'illustre Lavoisier s'occupoit avec assiduité d'en étudier les phénomènes. Il semble s'être particulièrement attaché à ce sujet, et avoir bien reconnu toutes les imperfections de la théorie qui prévaloit alors; mais il déduisit ses premières notions précises, sur la nature de la combustion, d'un mémoire de Bayen sur les oxides de mercure dont il entendit la lecture à l'Académie en 1774. Il travailla sur ces premières conjectures avec un zèle infatigable, aidé des nombreuses découvertes qui se faisoient alors de tous côtés sur ce sujet; et par une longue suite d'expériences, et de recherches les plus exactes et les plus intéressantes qui eussent jamais été faites

---

d'examiner sa théorie, puisqu'il est actuellement bien connu que la combinaison de l'oxigène avec l'hydrogène forme de l'eau et non du calorique, tout l'édifice de sa théorie croule; mais l'importance des matériaux se fera toujours admirer, et les ruines de l'édifice resteront comme un monument du génie du fondateur.

en chimie, il parvint à établir pleinement cette loi générale : « Dans tout cas de combustion, « l'oxigène se combine avec le corps qui brûle. » Cette insigne découverte, fruit du génie, de la sagacité, et de la pénétration, a répandu un nouveau jour sur chaque branche de la chimie. Elle a rassemblé et expliqué un grand nombre de faits auparavant isolés, ou dont on n'avoit pu rendre raison, et a refondu le tout dans la forme d'une science.

Quoique Lavoisier, après s'être convaincu lui-même de l'existence de cette loi, en eût publié la preuve, il ne put cependant parvenir pendant quelque tems à la faire reconnoître par aucun savant, malgré tout le poids de ses grands talens, et l'influence que devoient naturellement lui donner sa réputation, sa fortune, et sa position. Enfin, M. Berthollet, dans une assemblée de l'Académie en 1785, renonça formellement à ses anciennes opinions et se déclara converti. M. Fourcroy, professeur de chimie à Paris suivit son exemple ; et dans un voyage qu'il y fit en 1787 pour voir Lavoisier, Morveau se détermina également à embrasser son opinion. L'exemple de ces hommes célèbres fut promptement suivi par tous les jeunes chimistes de France.

L'explication que donna Lavoisier des phénomènes de la combustion étoit fondée sur ces

deux lois trouvées par lui et le docteur Black. « Lorsqu'un corps combustible est élevé à une « certaine température, il commence à se com- « biner avec l'oxigène de l'atmosphère ; pen- « dant que cette combinaison a lieu, l'oxigène « abandonne le calorique et la lumière avec « lesquels il étoit uni dans son état gazeux, et « c'est leur dégagement d'avec l'oxigène qui « produit leur manifestation dans tous les cas « de combustion, comme c'est aussi de cette « combinaison du corps combustible avec l'oxi- « gène que résulte le changement qu'il éprouve « alors. »

Ainsi Lavoisier rendoit raison de la cause, et des effets de la combustion sans avoir recours au phlogistique, dont on n'avoit supposé l'existence que pour parvenir à l'expliquer : car aucun chimiste n'avoit pu en fournir la preuve, ni présenter séparément ce principe.

10. Mais Kirwan avoit avancé que le phlogistique étoit la même chose que l'hydrogène, et comme on ne pouvoit douter que ce dernier principe n'existât réellement, il falloit encore, pour renverser son hypothèse, prouver qu'il n'est pas une des parties composantes de tout corps combustible, et qu'il n'en est pas séparé dans tous les cas de combustion ; c'est à quoi Lavoisier, et ceux qui partageoient déja

son opinion crurent devoir particulièrement s'attacher. L'Essai de Kirwan fut en conséquence traduit en français, et chacune des sections dans lesquelles cet ouvrage étoit divisé fut examinée et critiquée séparément ; savoir, 4 par Lavoisier, 3 par Berthollet, 3 par Fourcroy, 2 par Morveau, et une par Monge : et pour rendre justice aux chimistes français, il faut convenir que jamais réfutation ne fut plus complète. M. Kirwan, lui-même, avec cette candeur qui distingue les esprits supérieurs, n'hésita pas à reconnoître que son opinion n'étoit plus soutenable, et à déclarer qu'il se rangeoit à celle de Lavoisier.

[*Théorie de Lavoisier.*] 11. Ainsi Lavoisier détruisit entièrement l'existence du phlogistique, et établit une théorie de la combustion, dont à la vérité Hooke avoit donné longtems auparavant l'idée, en l'énonçant d'une manière plus générale, ou comme une conjecture heureuse, que dans l'état d'enfance de la science, il n'avoit pas eu les moyens de vérifier.

Suivant cette théorie de Lavoisier, généralement admise actuellement, et considérée par les chimistes comme la véritable explication des phénomènes de la combustion, elle consiste en une décomposition et une combinaison ; l'oxigène de l'atmosphère est combiné dans son état de

gaz avec le calorique et la lumière. Pendant la combustion, ce gaz est *décomposé*, le calorique et la lumière s'en dégagent, tandis que sa base se combine avec le combustible, et forme le produit. Ce produit est incombustible, parce qu'étant déja saturé d'oxigène, il ne peut plus en prendre davantage. Tel est, en raccourci, le détail historique des perfectionnemens successivement introduits dans cette partie intéressante de la chimie. Qu'il nous soit actuellement permis de nous étendre plus particulièrement sur ce sujet.

12. On entend par combustion d'un corps, le changement total qui s'opère dans la nature de ce corps, avec accompagnement d'émission abondante de calorique, et de lumière. Dans toute théorie de la combustion on doit exposer la manifestation de ces deux phénomènes et en rendre raison.

[*Différence entre l'oxigénation et la combustion.*] 13. Lavoisier le fit de la manière la plus satisfaisante à l'égard du premier. Il démontra que, dans tous les cas de combustion, l'oxigène se combine avec le corps brûlant, et que la substance qui reste, après qu'elle a cessé d'avoir lieu, est le composé formé par cette combinaison du corps combustible avec l'oxigène; mais il ne réussit pas aussi bien à

expliquer le second phénomène, le dégagement du calorique et de la lumière pendant la combustion. Il ne parut pas même y avoir fait beaucoup d'attention, parce qu'il regardoit la combinaison de l'oxigène avec le corps brûlant comme la partie importante et essentielle de l'acte de la combustion. Aussi a-t-on considéré depuis, les expressions d'*oxigénation*, et de *combustion* comme synonimes; cependant il s'en faut de beaucoup qu'elles le soient, car l'oxigène s'unit souvent aux corps comme à l'azote, à l'acide muriatique, et au mercure, sans qu'il y ait dégagement de calorique ou de lumière, et dans ce cas, les phénomènes et le produit sont très-différens. Il convient donc de distinguer, dans les combinaisons de l'oxigène, celles qui sont accompagnées d'émission de calorique et de lumière, et qu'on doit seules désigner par le terme de *combustion*, d'avec celles qui ont lieu sans aucun dégagement de ces principes.

14. Suivant Lavoisier, le calorique et la lumière unis à l'oxigène de l'atmosphère à l'état de gaz, s'en séparent lorsqu'il perd cet état pour se combiner avec le corps combustible; mais si cette explication, puisée dans la théorie de Crawford, est en général satisfaisante pour les cas ordinaires, il en est d'autres auxquels

elle ne peut convenir. En effet, les combinaisons de l'oxigène, lorsqu'il est solide ou liquide, produisent des combustions aussi violentes que lorsqu'il est à l'état gazeux. Si, par exemple, on verse de l'acide nitrique sur de l'huile de lin ou de thérébentine, il y a combustion très-rapide, et dégagement très-considérable de calorique et de lumière. Ici l'oxigène fait partie de l'acide nitrique liquide, et il étoit déja combiné avec l'azote, c'est-à-dire que l'azote, suivant les chimistes français, avoit éprouvé la *combustion;* donc, dans ce cas, non-seulement l'oxigène étoit liquide, mais encore à l'état de changement où il doit être après la *combustion*, il en résulteroit donc qu'il peut, dans l'une et l'autre circonstance, donner du calorique et de la lumière, ce qui est directement contraire à la théorie.

Il y a plus, la poudre à canon, lorsqu'elle est enflammée, brûle avec une grande rapidité dans les vaisseaux fermés, ou dans le vide. Cette matière est composée de nitrate de potasse, de charbon, et de soufre. Ces deux dernières substances sont combustibles, et la première fournit l'oxigène. Dans ce cas, l'oxigène est non-seulement combiné avec l'azote, mais encore il forme une des parties constituantes d'un solide. Cependant l'émission du calorique et de la lumière

est plus grande encore pendant la combustion de la poudre, dont presque tout le produit est à l'état de gaz. Cet effet de la poudre paroît être doublement en opposition avec la théorie, car comment supposer qu'il y ait dégagement de calorique et de lumière lorsqu'un corps solide est converti en gaz, quand pour exister dans cet état il lui faut plus de calorique et de lumière qu'il n'en contenoit lorsqu'il étoit solide ?

15. M. Brugnatelli, professeur de chimie à Pavie, paroît être le premier qui ait présenté cette objection sous son véritable point de vue (1), et essayé de la résoudre. Suivant lui, la substance qu'on appelle *oxigène* se combine avec les corps dans deux états différens : 1°. En retenant la plus grande partie du calorique et de la lumière avec lesquels il est uni dans son état gazeux. 2°. En les abandonnant entièrement l'un et l'autre ; il le nomme dans le premier cas *thermoxigène*, et dans le second, *oxigène*. Le thermoxigène existe comme partie composante, non-seulement des corps gazeux, mais encore de plusieurs liquides et solides ; et ce n'est que

(1) Berthollet nous apprend, par une note sur ce passage, dans la première édition de son ouvrage, que le sujet avoit été examiné longtems avant l'époque que nous indiquons. Jour. de phys. IX. 289.

dans ce cas seulement, que la conversion de ces corps solides ou liquides en gaz, produit du calorique et de la lumière. Tous les métaux se combinent avec le thermoxigène ; les substances, au contraire, qui, par la combustion deviennent acides, se combinent avec l'oxigène (1). Cette réponse de Brugnatelli détruit en effet complètement l'objection qu'on pouvoit opposer à l'explication de Lavoisier ; mais comme elle laisse encore beaucoup d'incertitude sur plusieurs points de difficultés dans les phénomènes de la combustion, on doit plutôt la considérer comme une conjecture ingénieuse, que comme une théorie bien établie (2).

[*Division des corps, en soutiens de la combustion, combustibles, et incombustibles.*] 16. Tous les corps de la nature peuvent être divisés, relativement à ce qui concerne la combustion, en trois classes ; savoir, les corps qui l'entretiennent ou qui en sont les *soutiens* (*supporters*), les *combustibles*, et les *incombustibles*.

(1) Ann. de chim. XXI. 182.

(2) Le lecteur trouvera un exposé très-détaillé de cette théorie dans le Jour. de chim. de Van Mons. vol. II et III. J'ai cru devoir m'abstenir d'en parler d'une manière plus particulière, parce que je ne trouve rien qui me paroisse porter le caractère de vérité et d'évidence dans le plus grand nombre des assertions qu'elle renferme.

Par *soutiens* de la combustion, je veux désigner les substances, qui strictement parlant, ne sont pas susceptibles de l'éprouver, mais dont la présence est indispensablement nécessaire pour qu'elle ait lieu.

[*Soutiens de la combustion.*] Le gaz oxigène est l'unique soutien simple connu, mais les corps incombustibles le deviennent aussi par leur union avec l'oxigène. Les seuls corps incombustibles qui jouissent de cette propriété sont l'azote et l'acide muriatique (1); et c'est à raison de cette singularité que je me suis déterminé à séparer ces deux substances de toutes les autres, et à les placer parmi les corps simples. La première s'unit à l'oxigène dans quatre proportions différentes, et la seconde dans deux seulement. Ainsi il existe un seul soutien simple de la combustion et six soutiens composés ; savoir :

1. Le gaz oxigène.
2. L'air.
3. L'oxide nitreux.
4. L'oxide nitrique (gaz nitreux).
5. L'acide nitrique.
6. L'acide muriatique oxigéné.
7. L'acide muriatique sur-oxigéné.

---

(1) On trouve un détail complet de cette théorie dans le Journal de chimie de Van Mons. vol. II et III.

17. Les corps combustibles sont de trois sortes ; savoir, les combustibles simples, les combustibles composés, et les combustibles oxides. Les combustibles simples sont les quatre que nous avons décrits dans le chapitre second de la première division de cette partie, ainsi que tous, ou du moins, presque tous les métaux.

Les combustibles composés sont les différens corps formés par l'union de ces substances simples l'une avec l'autre, et qui pour la plupart sont désignés par des dénominations qui se terminent en *ures*, comme *sulfures*, *phosphures*, *carbures*, etc. Ce sont aussi les alliages et quelques autres composés, dont il sera parlé par la suite. Les combustibles oxides sont des combinaisons des corps combustibles, ou de leurs composés, avec l'oxigène sans qu'il y ait eu combustion ; ils sont très-nombreux et constituent la plus grande partie des substances végétales et animales.

[*Produits.*] 18. Pendant la combustion, l'oxigène du corps soutien s'unit toujours avec le combustible, et forme avec lui une substance nouvelle que nous appellerons un *produit* de combustion ; c'est la raison du changement que le combustible éprouve, ainsi que Lavoisier l'a suffisamment démontré. Tout *produit* de combustion est l'une ou l'autre des trois

substances suivantes : 1°. l'eau, 2°. un acide, 3°. un oxide métallique.

[*Soutiens partiels.*] 19. Quelques-uns des produits de la combustion peuvent se combiner avec une quantité additionnelle d'oxigène ; mais cette combinaison n'est jamais accompagnée des phénomènes de la combustion, et le produit, ainsi combiné, est converti de cette manière en un *soutien*. C'est ce qui a lieu à l'égard de plusieurs oxides métalliques. On pourroit appeler de semblables composés *soutiens partiels*, parce que ce n'est qu'à raison seulement d'une dose d'oxigène qu'ils contiennent, qu'ils jouissent de cette propriété. Les soutiens partiels parmi les oxides sont :

1. Le peroxide d'or.
2. Le peroxide d'argent.
3. L'oxide rouge de mercure.
4. Le peroxide de mercure.
5. Le peroxide de fer.
6. Les oxides rouge et brun de plomb.
7. Le peroxide de manganèse.

20. Puisque l'oxigène ne peut entretenir la combustion que par sa présence dans les corps qui sont, ou soutiens, ou soutiens partiels, on ne peut pas douter, que dans ces corps, il ne soit dans un état différent de celui où il existe dans

d'autres. D'un autre côté, comme il y a toujours émission de calorique et de lumière pendant la combustion, que cette émission n'a jamais lieu lorsque l'oxigène se combine sans que la combustion s'ensuive, on peut naturellement supposer que l'oxigène des corps soutiens contient l'un ou l'autre de ces principes, ou les deux ensemble, tandis que l'oxigène des autres corps en est entièrement dépouillé.

[*L'oxigène des soutiens contient du calorique.*] Je suis disposé à croire qu'il n'y a que l'oxigène des corps soutiens qui contienne du calorique dont manquent les corps qui ne le sont pas, où dans lesquels au moins il n'est pas présent en quantité suffisante. Je fonde mon opinion à cet égard sur ce que la quantité du calorique dégagé pendant la combustion, est toujours proportionnelle à celle de l'oxigène qui se combine avec le corps brûlant. Il n'en est pas ainsi de la lumière ; car il est bien connu aujourd'hui que l'hydrogène se combine avec l'oxigène dans une plus grande proportion que tout autre corps ; que sa combustion donne plus de chaleur que celle qui pourroit être produite par tout autre moyen, et cependant la manifestation de la lumière est peu sensible.

[*Les combustibles contiennent la lumière.*] 21. Les chimistes, en général, ont été pendant

longtems dans l'opinion que la lumière existoit à l'état de fixité dans tous les corps combustibles ; mais comme on l'avoit ainsi désignée sous la dénomination de *phlogistique*, expression que la plupart d'entre eux n'admettoient pas ; ils profitèrent de la circonstance des découvertes de Lavoisier, au moyen desquelles ils pensoient qu'on pourroit expliquer les phénomènes de la combustion sans le secours de l'hypothèse de la lumière fixée, pour renoncer à cette opinion. Elle fut cependant reproduite, d'abord par Richter et de Lamétherie, et ensuite, d'une manière plus formelle, par Gren. Mais on n'y avoit fait que peu d'attention jusqu'à ces derniers tems. Les phénomènes curieux qu'observa M. Chenevix dans ses expériences sur l'acide muriatique sur-oxigéné, le firent incliner à cette opinion, que j'ai essayé moi-même d'appuyer dans quelques observations sur la combustion, qui ont été publiées dans le journal de Nicholson (1).

(1) Nicholson's, *Jour.* 1803, p. 10. M. Portal a fait, relativement à mes observations, plusieurs objections qui m'ont paru mériter d'être particulièrement prises en considération. En poursuivant mon objet, j'ai obtenu quelques résultats assez remarquables, qui ont détruit quelques-unes de ces objections que je regardois comme

L'état de combinaison de la lumière avec le corps combustible doit paroître extrêmement probable, si l'on considère que la quantité qui s'en manifeste pendant la combustion dépend entièrement de la nature de ce corps. Le phosphore en émet une très-grande quantité, le charbon beaucoup moins, et l'hydrogène très-peu. Cependant la quantité d'oxigène qui se combine avec le corps combustible pendant la combustion, est la plus considérable dans ceux des cas où elle produit le moins de lumière. La couleur de la lumière dépend aussi toujours de la nature du corps qui brûle, circonstance qu'on ne pourroit supposer avoir lieu si cette lumière n'étoit pas séparée du combustible.

Il est également bien connu que dans les végétaux qui croissent dans l'obscurité il ne se produit aucunes substances combustibles, la présence de la lumière étant indispensablement nécessaire à leur formation. Ces faits, et plusieurs autres qu'on pourroit citer, donnent un grand degré de probabilité à l'opinion que la lumière est partie constituante de tous les corps combustibles; mais ils n'en fournissent aucune

---

les plus fortes, en même tems qu'ils m'ont semblé devoir en faire naître d'autres auxquelles je ne me serois pas attendu.

preuve décisive, car ils laissent encore le moyen de répondre aisément à toutes les objections qu'on pourroit y opposer, quoique d'un autre côté aucune de ces objections n'en démontre la fausseté.

[*Explication de la combustion.*] 22. Si nous supposons que le calorique est partie composante des corps soutiens, et la lumière partie composante des corps combustibles, il ne sera plus difficile de rendre raison de ce qui se passe pendant la combustion. Les parties constituantes de l'oxigène des corps soutiens sont, 1°. une base; 2°. le calorique. Celles des combustibles sont également, 1°. une base; 2°. la lumière. Pendant la combustion, la base de l'oxigène se combine avec la base du combustible, et cette combinaison forme le produit, tandis, que de celle du calorique de l'oxigène avec la lumière du combustible, résulte un composé qui se dégage sous la forme de feu. Ainsi la combustion est une double décomposition; l'oxigène et le combustible se divisent chacun d'eux-mêmes en deux portions qui se combinent deux à deux. L'une de ces combinaisons forme le *produit*, et l'autre le *feu* qui s'échappe.

Si l'oxigène des produits est insuffisant pour la combustion, c'est que son calorique lui manque.

Si la combustion ne peut pas avoir lieu lorsque l'oxigène se combine avec les produits, ou avec la base des corps soutiens, c'est que ces corps ne contiennent point de lumière. Le calorique de l'oxigène n'en est donc pas séparé, et il n'y a pas apparence de feu. Mais cet oxigène, qui retient encore son calorique, est capable de produire la combustion si on lui présente un corps quelconque qui contienne la lumière, et dont la base ait de l'affinité pour l'oxigène. C'est aussi la raison pour laquelle un combustible peut seul servir à rétablir la faculté de combustibilité dans la base d'un produit. Dans tous les cas semblables il se fait une double décomposition; l'oxigène du produit se combine avec la base du combustible, tandis que la lumière du combustible se combine avec la base du produit.

23. Cette théorie, dont l'application aux phénomènes de la combustion est si évidente, nous fournit les moyens d'expliquer avec la même facilité quelques-uns des faits remarquables de la formation des sulfures et des phosphures. Le soufre et le phosphore se combinent avec les métaux et avec quelques terres, et cette combinaison n'a lieu qu'à l'aide du calorique qui fond le soufre, et le phosphore. A l'instant où elle s'opère avec une base métallique, ou terreuse, le composé devient solide, et acquiert rapidement

un grand degré de chaleur rouge qu'il conserve pendant quelque tems. Dans ce cas, le soufre et le phosphore font les fonctions d'un corps soutien, car ils sont en fusion et contiennent par conséquent une grande proportion de calorique. Le métal, ou la terre, agit comme combustible, car ils contiennent l'un et l'autre la lumière comme partie composante. Au moment de la combinaison, le soufre ou le phosphore se combine avec le métal ou la terre, tandis que le calorique de l'un s'unissant à la lumière de l'autre, ils se dégagent dans cet état d'union sous la forme de feu. On pourroit donc appeler *semi-combustion* la formation des sulfures et des phosphures, pour indiquer qu'elle présente précisément une moitié des signes caractéristiques de la combustion.

3°. *De la percussion.*

On sait qu'il se produit du calorique par la percussion des corps durs. Lorsqu'on frappe, fortement et soudainement, un morceau de fer avec un marteau, il devient rouge de chaleur, et le produit des étincelles par la collision du caillou et de l'acier est un fait trop familier pour qu'il soit nécessaire de le rappeler ici. Cet effet, cependant, n'a

jamais été observé à l'égard des liquides, ni des corps mous qui cèdent facilement au choc.

[*La percussion produit la condensation.*] 1. Ce dégagement du calorique par la percussion semble résulter d'une condensation permanente, ou temporaire, du corps frappé. La pesanteur spécifique du fer, avant d'avoir été soumis à l'action du marteau étant 7.788, elle est, après l'avoir subie, de 7.840; celle du platine, de 19.50, devient 23.00 dans la même circonstance.

[*Calorique dégagé par la condensation.*] 2. L'effet de la condensation semble toujours être de dégager du calorique. C'est au moins celui qu'elle produit à l'égard des corps dont il nous est possible de diminuer le volume d'une manière sensible et permanente. Lorsque le gaz acide muriatique est absorbé par l'eau, la température du liquide s'élève promptement à 37°.77 centig. Elle augmente plus considérablement encore, par la conversion en un sel solide, des gaz, ammoniaque, et acide muriatique. La dissolution d'une pierre calcaire dans l'acide sulfurique donne une chaleur considérable, indépendamment de la grande quantité d'acide carbonique qui se dégage, et la chaleur est des plus violentes si au lieu de la pierre calcaire on emploie la chaux pure. Or, dans ce cas, l'acide et

l'eau qu'il contient sont convertis en partie, de liquides qu'ils étoient, en solides, et le volume est considérablement diminué. On sait aussi, que par la condensation soudaine de l'air qui environne un thermomètre, cet instrument monte de plusieurs degrés (1). M. Dalton a fait voir que dans ce cas, il y a plus de calorique dégagé que ne l'indique l'élévation subite du thermomètre; il résulte de ses expériences, qu'en condensant rapidement l'air de manière à le réduire aux 0.50 de son volume, sa température s'élève de 27°.77 centig. (2). Le même changement a lieu par l'admission subite de l'air dans le vide. Il n'est pas même douteux qu'une plus grande augmentation de température que celle de 27°.77 cent. puisse être produite par la condensation de l'air, si on regarde comme exact le fait mentionné par Mollet, qu'un petit morceau de toile roulé prend feu lorsqu'on le place dans le canal étroit qui termine ordinairement l'extrémité inférieure d'une pompe à condenser l'air (3).

---

(1) Darwin, Phil. Trans. 1788.

(2) Manchester, *Mémoires*. V. 515.

(3) Pictet, Phil. Mag. XIV. 564. On peut ajouter à ce fait, l'apparence d'une petite lumière qui se manifeste dans l'air qui environne l'orifice d'un fusil à vent qu'on décharge dans l'obscurité. Ce phénomène curieux, dont on

D'un autre côté, la température d'un corps s'abaisse par sa raréfaction subite; et M. Dalton a trouvé que cet abaissement étoit également de 27°.77 centig. (1) dans la température de l'air raréfié par l'action de la machine pneumatique.

3. Il n'est pas difficile de voir comment la condensation occasionneroit le dégagement du calorique, et la raréfaction l'effet contraire. Lorsqu'on force le rapprochement des molécules d'un corps, la puissance répulsive du calorique qui y étoit combiné est accrue, et par conséquent il tend en partie à s'échapper. Or, une barre de fer est beaucoup plus dure et plus cassante après qu'elle a été chauffée sous le marteau; elle doit alors être devenue plus dense, et avoir par conséquent perdu de son calorique; et ce qui le prouve, c'est que la même barre ne peut être échauffée une seconde fois par la percussion, tant qu'elle n'a pas été exposée pendant quelque tems à une chaleur rouge; elle est trop cassante, et elle se brise en morceaux sous le marteau. Or, la fragilité semble être due dans la plupart des cas à l'absence de la quantité ordinaire de calorique. Le verre qui a été refroidi très-

n'a point encore donné d'explication satisfaisante, fut observé d'abord par M. Fletcher (Nicholson's *Jour.* 1803. IV. 280), et depuis par M. Mollet. *Voy.* Phil. Mag. *Ibid.*

(1) Manch. Mém. V. 515.

promptement est toujours extrêmement fragile. Lorsqu'il est en état de fusion, il s'y accumule une grande quantité de calorique, dont la force de répulsion entre les molécules doit être en conséquence très-considérable. Elle est telle en effet, qu'il seroit disposé à s'échapper dans tous les sens avec une inconcevable rapidité, s'il n'y étoit pas maintenu par une quantité de calorique plus grande qu'à l'ordinaire dans les corps environnans. Si donc cette quantité nécessaire de calorique environnant est soustraite, celui du verre se dégage aussitôt, et il en perd alors une quantité plus considérable que si la soustraction n'eût pas eu lieu, à raison de la grande augmentation de vélocité que ses molécules ont dû avoir acquise. Ainsi il est probable que la fragilité du verre est due à un manque de calorique; et il n'est guère possible de douter que celle du fer n'ait la même cause, si l'on se rappelle que par l'application d'une nouvelle quantité de calorique elle cesse d'avoir lieu.

[*La condensation diminue le calorique spécifique.*] 4. Il est à observer aussi que la condensation diminue le calorique spécifique des corps. Après qu'un des morceaux d'argile dont on se sert pour le thermomètre de Wedgewood a été chauffé à 120°, il est réduit à la moitié de son volume primitif, quoiqu'il n'ait perdu qu'environ un

décigramme de son poids, et son calorique spécifique est en même tems diminué des 0.33 (1); mais il est difficile de concevoir que le calorique spécifique d'un corps puisse diminuer sans qu'il n'y en ait en même tems dégagement.

5. On voit aisément par ce qui vient d'être dit, que le dégagement du calorique par la percussion, est dû à ce que cette force le sépare des molécules du corps frappé avec lesquelles il étoit combiné; mais une partie du calorique en état de liberté après la percussion, provient souvent d'une autre source. La quantité de calorique dégagé par la condensation, est suffisante pour élever la température de quelques-unes des molécules du corps, de manière à les rendre capables de se combiner avec l'oxigène de l'atmosphère, et cette combinaison ayant lieu, une grande quantité additionnelle de calorique est séparée par la décomposition du gaz. Il n'est pas douteux que c'est ce qui arrive lors de la collision du caillou et de l'acier, car les étincelles qu'elle produit ne sont autre chose que des petits morceaux de fer mis à l'état de chaleur rouge, qui s'unissent avec l'oxigène pendant leur passage dans l'air. M. Hawksbée (2) et

(1) T. Wedgewood, Phil. Trans. 1792.
(2) T. Wedgewood, Phil. Trans. XXIV. 2165.

d'autres physiciens, ont fait voir que le fer ne produit point d'étincelles dans le vide.

Il n'est pas aussi facile de rendre raison de l'émission du calorique par la percussion de deux corps incombustibles. Nous avons parlé dans le dernier chapitre, de la lumière produite par le choc de deux pierres de quartz, ou de tous autres corps également durs. Il est évident, en considérant le phénomène dans son ensemble, que dans ce cas, il y a aussi émission de calorique. M. Wedgewood a remarqué qu'un morceau de verre de vitres mis en contact avec une meule de grès en mouvement, devient rouge de chaleur à son point de contact, et qu'il s'en sépare des molécules capables d'enflammer la poudre à canon et le gaz hydrogène (1). Il faut alors, ou supposer que tout le calorique est produit par la condensation seule, ce qui n'est pas probable, ou convenir que nous ne pouvons expliquer le phénomène. Cet exemple est presque le seul du dégagement du calorique et de la lumière, dans des circonstances où l'action de l'oxigène ne peut être démontrée, ou même rendue probable.

L'apparence lumineuse qui se manifeste par la percussion de certains corps dans le *vide*, ou

(1) Phil. Trans. 1792, p. 45.

dans des corps qui ne sont pas capables d'entretenir la combustion, semble devoir se rapporter aux phénomènes de l'électricité ; car Davy a observé que de tels corps sont électriques. Ils sont souvent aussi phosphorescens, propriété qui peut également contribuer à l'effet (1).

4°. *Du frottement.*

[*Émission de calorique par le frottement.*] Le calorique n'est pas seulement dégagé par la percussion, il l'est aussi par le frottement. On allume souvent des feux en frottant vivement l'un contre l'autre deux morceaux de bois sec. On sait que des chariots lourdement chargés prennent feu quelquefois par le frottement de leur essieu sur la roue ; or, comment le calorique est-il dégagé ou accumulé par frottement? Ce n'est pas, comme dans les cas de percussion, en augmentant la densité des corps frottés les uns contre les autres ; car il y a production de chaleur par le frottement entre eux des corps mous, et cependant leur densité ne peut être augmentée par ce moyen, comme chacun peut s'en convaincre en frottant rapidement sa main contre son vêtement. Il n'y a pas, il est vrai, de chaleur produite par le frottement des liquides ; mais ces

(1) *Jour. of the royal inst.* I. 264.

corps cèdent trop facilement pour pouvoir être soumis à un frottement assez fort.

On ne peut pas non plus attribuer la production de chaleur par le frottement à la diminution du calorique spécifique des corps frottés; car le comte de Rumford trouva qu'il n'y avoit pas diminution sensible (1); et en admettant même qu'il y eut en effet une diminution, pourroit-elle suffire pour rendre raison de la quantité immense de chaleur produite quelquefois par frottement.

Le comte de Rumford prit une pièce de canon de fonte solide, et telle qu'elle sortoit du moule; il en fit couper l'extrémité, et former, dans cette partie, un cylindre solide attaché au canon, de 197 millimètres de diamètre, et de 249 millimètres de longueur. Ce cylindre continuoit à faire corps avec la pièce, au moyen d'un petit collet cylindrique. Il fit percer au foret le cylindre d'un trou de 94 millimètres de diamètre, et de 183 millimètres de profondeur. Il plaça dans le cylindre ainsi percé un foret obtus d'acier, qui pressoit fortement contre le fond du cylindre au moyen d'un mouvement de rotation imprimé à la pièce par l'action de chevaux; on pratiqua en même tems un petit trou dans le cylindre perpendiculairement à la partie creusée, et se

(1) Nicholson's *Jour.* II. 106.

terminant dans la partie solide un peu au-delà de l'extrémité de la partie creusée, de sorte que dans cette cavité on put introduire un thermomètre qui indiquât la chaleur du cylindre. Afin de prévenir toute déperdition du calorique, le cylindre fut enveloppé d'une flanelle épaisse. Le foret pressoit contre le fond du cylindre avec une force égale à environ 4530 kilogram., et le cylindre tournoit sur son axe en faisant 32 révolutions par minute. La température du cylindre, de 15°.56 centig. au commencement de l'expérience, étoit de 54°.44 centig. au bout de 30 minutes, ou après 960 révolutions. La quantité de poussière métallique, ou d'écailles, produites par ce frottement, s'élevoit à environ 54 gram. Si l'on suppose maintenant que tout ce calorique a été produit par les écailles, comme leur poids n'étoit justement que la 948e. partie de celui du cylindre, elles auroit dû perdre 948 degrés de chaleur pour élever la température du cylindre de 1°., et par conséquent 36868°. centig. pour la faire monter de 15°.56 centig. à 54°.44 cent., ce qui doit sans doute paroître incroyable (1).

Le dégagement du calorique par le frottement n'est pas dû non plus à la combinaison de l'oxigène avec les corps eux-mêmes, ou avec aucunes

(1) Nicholson's *Jour.* II. 106.

de leurs parties. Au moyen d'une espèce de mouvement d'horlogerie, M. Pictet fit tourner, avec une grande rapidité, de petits godets contre lesquels il faisoit frotter différentes substances. Ces godets étoient fixés sur l'axe de l'une des roues, et dans leur concavité, au-dessus du centre, étoit placée la boule d'un thermomètre assez sensible pour indiquer très-promptement la chaleur procurée au godet par le frottement de la substance employée à l'opérer. Avec cet appareil, dont le volume total étoit assez petit pour qu'on pût facilement l'introduire dans le récipient d'une machine pneumatique, il fit frotter dans l'air un morceau de spath adamatin contre les bords extérieurs d'un godet d'acier trempé. Il y eut pendant tous le tems de la durée des révolutions, production abondante d'étincelles; mais le thermomètre placé au centre du godet ne s'éleva point. Cette expérience fut répétée à un degré de raréfaction où le mercure se soutenoit encore à 9 millim. Il n'y eut point d'étincelles produites; mais en opérant dans l'obscurité, on appercevoit à l'endroit du contact une lueur phosphorique, le thermomètre resta stationnaire. Il fit ensuite frotter de la même manière dans l'air un petit morceau de laiton contre les bords d'un godet également de laiton, mais beaucoup plus petit. Le thermomètre, dont la boule rem-

plissoit presqu'en entier la concavité de ce godet, monta des 0.37 d'un degré centig.; mais cette ascension ne commençoit à avoir lieu que lorsque les révolutions de la machine étoient achevées. Il y a apparence, qu'à raison du mouvement produit dans l'air, le calorique étoit entraîné à mesure que le frottement le dégageoit. En faisant cette expérience dans le vide, à un degré de raréfaction capable de soutenir 25 millim. de mercure, l'acension du therm. fut en tout de 1°.5 cent. et l'ascension commençoit dès que l'appareil étoit en mouvement. En substituant au laiton, qui frottoit contre le godet de même métal, un morceau de bois, il obtint dans l'air une ascension moyenne de 0°.87 cent.; et en remplaçant le godet de laiton par un godet de bois, l'ascension fut de 2°.6 centig. dans l'air; dans le vide, cette ascension fut de 3° cent., et de 0°.62 cent. dans un air condensé à 1330 millimètres, et par conséquent chargé d'une atmosphère et trois quarts (1).

Si ces expériences pouvoient ne pas paroître suffisamment concluantes, j'en ai d'autres à citer qui ne permettront plus de douter que le calorique produit par le frottement ne provient pas de la décomposition du gaz oxigène. Le comte

(1) Pictet, *sur le Feu*, chap. 9.

de Rumford imagina de renfermer le cylindre que nous avons décrit ci-dessus, dans une boîte de bois remplie d'eau, et dont par conséquent l'air étoit entièrement exclus. Le cylindre et le foret étoient entièrement plongés dans ce liquide, et en même tems l'appareil étoit disposé de manière qu'il pouvoit être mis en mouvement sans déranger la boîte, ni sans en faire sortir l'eau qu'elle contenoit, dont la quantité étoit d'environ 8.5 kilogram., et la température, au commencement de l'expérience, de 15°.55 centig. Au bout d'une heure de mouvement du cylindre, qui faisoit 32 révolutions par minute, la température de l'eau s'étoit élevée à 41°.74 centig.; une demi-heure après, elle étoit de 61°.11 centig.; dans deux heures, elle s'éleva à 81°.11 centig., et au bout de deux heures et demie, à dater du commencement de l'expérience, l'eau fut en *pleine ébullition*. Suivant le calcul du comte de Rumford, la quantité de calorique produite dans cette expérience auroit suffi pour amener 12 kilog. d'eau à la glace au degré de l'ébullition, et neuf bougies de grosseur moyenne, brûlant à la fois pendant le même tems qu'avoit duré l'expérience, auroient à peine fourni la même quantité de calorique. Dans cette expérience, l'eau n'entroit pas dans la cavité du cylindre, dont l'entrée étoit fermée par un piston; mais le

comte de Rumford la répéta après avoir supprimé ce piston, et laissé ainsi l'eau en contact avec les surfaces métalliques à l'endroit même où le frottement s'opéroit, et les résultats qu'il obtint furent absolument les mêmes (1).

Ainsi le calorique qui se manifeste par le frottement, ne provient ni d'une augmentation de la densité, ni d'une altération dans le calorique spécifique des substances exposées au frottement, et il n'est pas dû à la décomposition de l'oxigène de l'atmosphère : d'où peut-il donc alors dériver ? On n'a point encore satisfait à cette question ; mais nous n'en concluons pas, ainsi que le fait le comte de Rumford, que le calorique n'existe pas du tout, et que ce qu'on appelle ainsi n'est qu'une *espèce particulière de mouvement ;* car il résulte évidemment des faits exposés dans ce chapitre, que le calorique existe comme substance. Il faudroit pouvoir prouver que son accumulation par frottement est *incompatible* avec cette manière de le considérer comme étant une substance, pour admettre la conclusion du comte de Rumford ; et certes c'est ce à quoi on n'est pas parvenu. Nous sommes encore loin sans doute de connoître assez les lois du mouvement du calorique, pour pouvoir affirmer avec certitude que le frot-

(1) Nicholson's *Jour.* II. 106.

tement n'est pas la cause qui produit cette accumulation dans les corps frottés. Nous savons, au moins, que c'est ce qui a lieu par l'électricité : mais si, jusqu'à présent, on n'a pu parvenir à démontrer comment le calorique est accumulé par le frottement, ce n'est pas une raison suffisante pour en nier l'existence.

Il semble en effet y avoir une très-grande analogie entre le calorique et la matière électrique. Ils tendent l'un et l'autre à se distribuer également d'eux-mêmes dans les corps, et l'un et l'autre ils les dilatent. Ils fondent l'un et l'autre les métaux, et l'un et l'autre ils allument les substances combustibles. M. Achard a prouvé que le calorique pouvoit être remplacé par l'électricité dans les cas même où son action semble être particulièrement nécessaire : car il trouva que, par un courant de fluide électrique constamment soutenu, on pouvoit faire éclorre des œufs tout aussi bien qu'avec une température de 39°.44 centig. Un accident empêcha les poussins de sortir de la coque ; mais ils y étoient formés vivans, et la brisoient au bout de deux jours. L'électricité a aussi une grande influence sur l'échauffement et le refroidissement des corps. M. Pictet ayant vidé d'air, jusqu'à 3.70 millim. de l'éprouvette, un ballon de verre de 24 décim. cubes de capacité, il suspendit au milieu un

thermomètre, au moyen d'un baguette de verre fixée au fond du ballon, et qui s'élevoit jusque vers son extrémité supérieure. De chaque côté de ce ballon il plaça deux bougies allumées, dont les rayons étoient réfléchis, au moyen de deux miroirs concaves, sur la boule du thermomètre; les bougies et le ballon avoient pour support une même planche, posée sur un tabouret isolant. A 810 millim. de distance de l'appareil ainsi disposé, étoit établie une machine électrique en communication métallique avec l'anneau de laiton qui garantissoit le col du ballon. Cette machine fut maintenue en action pendant tout le tems de l'expérience, et par conséquent le ballon qu'on y avoit exposé devoit se remplir de la matière électrique qui y entroit continuellement, et de manière à en former, suivant M. Pictet, une atmosphère épaisse non-seulement au-dedans de ce ballon, mais encore à l'extérieur tout autour à une certaine distance, ce qui se manifestoit évidemment par la flamme vacillante des bougies qui brûloient très-mal. Lorsque l'expérience commença, le thermomètre étoit à 9°.88 centig.; il s'éleva à 21°.22 centig. dans 732″. La même expérience fut répétée, mais sans électriser l'appareil; le thermomètre monta de 9°.88 à 21°.22 centig. en 1050″; de sorte que l'électricité avoit accéléré l'échauffement de près d'un

tiers. M. Pictet répéta ces expériences, mais avec cette différence qu'il isola les bougies, en plaçant les flambeaux sur des vaisseaux de verre vernissés. Le thermomètre monta dans le vide électrisé, de 11°.22 à 23°.72 centig. en 1050″, et en 965″ dans le vide simple : l'élévation du thermomètre fut de 30° centig. dans le vide simple, et de 25° centig. dans le vide électrisé. Il résulte de ces expériences, que lorsque le globe et les bougies communiquoient ensemble, l'électricité rendoit l'échauffement du thermomètre plus prompt ; mais qu'elle produisoit l'effet contraire lorsque les bougies étoient isolées (1). On pourroit soupçonner que l'effet produit dans l'expérience suivante de M. Pictet, étoit dû à l'action de l'électricité. Pour éviter que la boule du thermomètre qu'il avoit introduit dans un des godets de laiton dont nous avons déja parlé ne fût brisée par le mouvement rapide de ce vase métallique, il en garnit l'intérieur d'un peu de coton, dont 2 ou 3 brins seulement touchoient la boule en-dessous, le thermomètre monta, indépendamment de tout autre frottement, de 2°.77 à 3°.33 centig. pendant les révolutions du godet. En faisant toucher la boule du thermomètre par une plus grande quantité de coton, il parvint à obtenir une ascension de 8°.33 centig.

(1) Pictet, *sur le Feu*, chap. 6.

Je ne vois pas qu'il soit possible de conclure autre chose de ces faits, sinon que l'électricité contribue très-souvent à l'échauffement des corps, et que son action est pour quelque chose dans l'accumulation du calorique produit par le frottement. En supposant que l'électricité est réellement une substance, et en accordant que cette substance diffère du calorique, n'est-il pas de toute probabilité qu'elle en contient comme tous les autres corps? Et pourquoi ne pourroit-elle pas être alors la source du calorique qui se manifeste pendant le frottement?

5°. *Du mélange.*

[*Les mélanges changent la température.*] On sait que l'union chimique de deux substances produit presque toujours un changement de température. Dans quelques cas, elle devient plus froide, elle s'élève de beaucoup dans d'autres. Nous avons présenté, dans la troisième division de la précédente section, une liste nombreuse des mélanges d'où résulte le froid: il nous reste à considérer ceux dont l'effet est contraire, et à rechercher la cause de l'un et de l'autre.

[*Eau partie essentielle.*] 1. L'eau est une partie essentielle de presque tous les mélanges

qui donnent lieu à un changement de température. Il n'y a d'exceptions bien remarquables à cet égard, que celles de l'union de quelques corps gazeux, tels par exemple, que l'union du gaz ammoniac, et du gaz acide muriatique, qui produit un corps solide, avec dégagement au moment où elle s'opère, d'une très-grande quantité de calorique : encore même ces corps gazeux contiennent-ils une proportion considérable d'eau, qui, selon toute apparence, ne contribue pas peu à l'effet.

[*La nature du changement dépend de la proportion d'eau.*] 2. Dans un grand nombre de cas, le changement particulier de température par le mélange, dépend de la proportion de l'eau, préalablement combinée avec une des substances qui le composent. Car le même corps peut produire ou le chaud, ou le froid, en raison de cette proportion. Il a été bien prouvé par les expériences de Lowitz, et de Walker, que la dissolution dans l'eau des sels qui en retiennent une grande quantité dans leur composition, tels que le *carbonate de soude*, le *sulfate de soude*, le *muriate de chaux*, etc., produit un abaissement considérable de température, qui est d'autant plus prompt que la dissolution s'opère avec plus de rapidité; mais lorsqu'on fait dissoudre les mêmes sels, après qu'ils ont été

préalablement privés de leur eau en les chauffant, la température du mélange s'élève considérablement.

[*Une augmentation de densité produit dégagement de calorique.*] 3. On peut établir comme une règle générale à laquelle il n'y a point d'exception, que toutes les fois que la fluidité, ou la densité, d'un composé formé par l'union de deux corps, surpasse celle moyenne des deux substances avant leur mélange, il y a abaissement de température : qu'elle s'élève au contraire si la densité ou la fluidité est moindre, et que dans ce dernier cas, l'élévation est à-peu-près proportionnelle à la différence.

[*Le contraire produit le froid.*] Ainsi lorsqu'on mêle ensemble de la neige et du muriate de soude, ces substances fondent peu-à-peu et passent par degrés l'une et l'autre à l'état de liquides : pendant tout le tems que dure cette fonte, la température se maintient à zéro ou au-dessous, mais elle monte lorsque la dissolution est complète. D'un autre côté, la pesanteur spécifique d'un mélange d'alcool et d'eau est plus grande que celle moyenne de ces deux corps, il y a donc condensation, et par conséquent le mélange s'échauffe. Lorsqu'on mêle ensemble 4 parties d'acide sulfurique et une partie d'eau, la densité est considérablement augmentée, et

la température du mélange s'élève très-promptement à environ 148°.88 centigr.

4. On conçoit actuellement la raison pour laquelle ceux des sels qui contiennent beaucoup d'eau produisent du froid pendant leur dissolution, c'est que l'eau qui, comme partie constituante du sel, y étoit à l'état solide, devient liquide lorsqu'il est dissous : mais puisque ces sels, lorsqu'ils ont été privés de leur eau, produisent de la chaleur pendant leur dissolution, on ne peut pas douter que l'eau avant de les dissoudre ne se combine d'abord avec eux de manière à former un solide, ou au moins, une dissolution d'une densité considérablement plus grande.

[*La solidification de l'eau produit dégagement de calorique.*] 5. Toutes les fois que l'eau se solidifie, il y a dégagement très-abondant de calorique. C'est ce qui a lieu lorsqu'on jette de l'eau sur de la chaux vive ; une portion de l'eau se combine avec la chaux et forme avec elle une poudre sèche, entièrement dépourvue de fluidité. C'est aussi par la même raison qu'il y a production de calorique, lorsqu'on met de la chaux vive dans de l'acide sulfurique.

6. Ces phénomènes, de même que le dégagement du calorique qui a aussi lieu pendant

la putréfaction et la fermentation, s'expliquent d'une manière suffisamment satisfaisante par la théorie du calorique latent du docteur Black. La fluidité résulte, dans tous les cas, de la combinaison du calorique avec le corps qui devient fluide, d'où il suit qu'un mélange qui passe à l'état liquide doit absorber du calorique ou, ce qui est la même chose, produire du froid. De même aussi, lorsqu'un corps fluide prend la forme solide, il doit y avoir dégagement de calorique, parce qu'alors il se sépare du calorique qui le tenoit à l'état de fluidité.

7. Il y a changement de calorique spécifique des corps dans la plupart des combinaisons qui donnent lieu à une production de chaleur ou de froid, et c'est la seule cause à laquelle le docteur Irvine attribuoit cet effet. Quoiqu'il me semble avoir donné beaucoup trop d'extension à cette idée, je n'en pense pas moins que ce changement y influe d'une manière sensible.

Tel est l'état actuel de nos connoissances concernant les sources du calorique. Cette partie des plus intéressantes de la science, est peut-être aussi une de celles qui présentent le plus de doutes et d'incertitudes, malgré tout ce qu'on a fait d'efforts et de recherches pour les éclaircir. Ce qui mérite à cet égard de fixer l'attention, c'est l'identité parfaite des sources de

la lumière et de celles du calorique, et la disposition constante de ces deux corps à s'accompagner l'un et l'autre.

CHAPITRE III.

Des corps simples en général.

Nous avons terminé l'examen de l'une et de l'autre division des corps simples, dont le nombre s'élève à 37; mais on n'y a pas compris douze autres substances, dont les chimistes ne sont pas encore parvenus à connoître les parties constituantes (1), de sorte que le nombre total des corps jusqu'à présent indécomposés, est de 49. Mais ces douze substances, qu'on peut encore considérer comme simples, ont avec d'autres corps dont les parties composantes sont connues un rapport si intime, qu'il y a tout lieu de se persuader qu'elles sont formées d'élémens semblables à ceux des corps des classes auxquelles elles appartiennent, et que par conséquent il ne convenoit pas de les en séparer.

(1) Ces 12 substances indécomposées sont 9 terres, 2 alcalis et 1 acide.

J'avouerai cependant que cette raison n'est pas la seule qui m'ait déterminé à me restreindre à la description des 37 substances simples. Elles sont toutes liées entre elles, soit par des propriétés communes, soit par l'influence qu'elles ont dans la *combustion*, le phénomène le plus important sans doute de la science de la chimie, et il n'existe aucune connexion semblable entre les corps indécomposés qui nous restent à considérer.

Les 37 substances simples, dans l'ordre où elles ont été décrites, ayant toutes quelque rapport avec la combustion, la connoissance de leurs propriétés est nécessaire pour expliquer et bien concevoir ce phénomène ; et leur ensemble offre un classement scientifique et important, dont nulle autre partie de la chimie ne paroît être également susceptible. Qu'il nous soit permis de les considérer un moment sous ce point de vue.

L'oxigène est capable de se combiner avec tous les autres corps simples qui peuvent être enfermés dans des vaisseaux, et de s'y unir dans toutes proportions. Avec les corps incombustibles simples, cette union ne produit aucun dégagement de calorique ni de lumière, et les nouveaux composés sont tous des *soutiens* de la combustion. Avec les combustibles simples,

la combinaison est accompagnée d'émission de calorique et de lumière, et les corps formés sont des *produits* de combustion. Avec les métaux, l'union a lieu avec, ou sans dégagement de calorique et de lumière, et il en résulte des composés de deux espèces, savoir des *produits* et des *soutiens*. Il y a toujours, pendant la combustion, développement de corps simples qui ne sont pas susceptibles d'être enfermés dans des vaisseaux; ainsi la cause de la *combustion* est l'action mutuelle des corps simples susceptibles d'être enfermés dans des vaisseaux, les uns sur les autres, et son effet est le dégagement de substances simples incapables d'être enfermées dans des vaisseaux.

Il est à remarquer que les métaux, et les combustibles simples, se rapprochent insensiblement les uns des autres par leurs propriétés. C'est ainsi qu'entre les propriétés de l'arsenic et du soufre, il y a moins de différence qu'entre celles de l'arsenic et de l'or. On pouvoit donc diviser les corps qui sont susceptibles d'être enfermés dans des vaisseaux, en trois classes, savoir: 1°. les corps *soutiens* de la combustion; 2°. les combustibles; 3°. les incombustibles. L'union des corps de la première et de la deuxième classe constitue les produits, et celle des corps de la troisième classe, les soutiens.

En terminant ce traité sur les substances simples, telles qu'elles nous sont aujourd'hui connues, il nous semble digne de notre objet de jeter un coup-d'œil sur les théories des anciens, sur les diverses modifications qui y ont été apportées, et sur la marche qu'ont suivie les chimistes pour arriver par degrés aux opinions actuellement reçues.

Il paroît que dans les siècles les plus reculés, on n'admettoit généralement que quatre corps comme simples ; le *feu*, l'*air*, l'*eau* et la *terre*. Les anciens donnèrent à ces quatre corps le nom d'élémens, parce qu'ils considéroient tous les autres comme en étant formés ; cette opinion diversement modifiée fut maintenue par tous les auteurs anciens. Nous savons aujourd'hui que tous ces corps supposés élémentaires sont des composés, savoir ; le *feu*, de calorique et de lumière ; l'*air*, des gaz oxigène et azote ; l'*eau*, d'oxigène et d'hydrogène, et la *terre* de neuf substances différentes, ainsi que nous le verrons par la suite.

[*Elémens des alchimistes.*] Les alchimistes furent les premiers qui attaquèrent la doctrine des quatre élémens. Plus avancés que les chimistes anciens dans l'art de l'analyse des corps, ils reconnurent aisément son insuffisance pour expliquer tout ce que cette analyse leur laissoit

appercevoir. Ils substituèrent à cette doctrine une théorie qu'ils imaginèrent, et suivant laquelle ils ne reconnoissoient que trois élémens servant à la formation de tous les corps, savoir : le *sel*, le *soufre* et le *mercure* ; ils les désignèrent sous la dénomination de *tria prima*. Ces trois corps furent admis comme principes par les écrivains qui suivirent, notamment par Paracelse qui y en ajouta deux autres, le *phlegme* et le *caput mortuum*. Il n'est pas aisé de dire ce qu'entendoient les alchimistes par *sel*, *soufre* et *mercure* ; ils n'avoient probablement assigné aucune signification précise à ces dénominations. Il paroît qu'ils donnoient le nom de *sel* à toute substance fixée dans le feu; celui de *soufre* à tout corps inflammable, et enfin celui de *mercure* à tout ce qui se dégageoit sans brûler ; c'est ainsi qu'ils regardoient tous les corps comme susceptibles d'être décomposés par le feu dans ces trois élémens; le sel restoit fixé, le soufre brûloit, et le mercure s'échappoit sous forme de fumée. Le phlegme, et le caput mortuum de Paracelse, étoient l'eau et la terre des anciens philosophes.

M. Boyle s'éleva contre cette hypothèse dans plusieurs de ses ouvrages, et principalement dans celui ayant pour titre, *septical chemist*. Il démontra que les substances désignées par

les termes de sel, soufre, mercure, phlegme et terre, avoient des propriétés très-différentes; que rien ne prouvoit que tous les corps fussent composés de ces principes; et enfin que ces principes eux-mêmes n'étoient pas des élémens, mais bien des composés. Cette réfutation de Boyle étoit si complète qu'elle fit presque immédiatement abandonner dans toutes ses parties, la théorie des *tria prima*.

Dans ces entrefaites, Beccher, qui le premier avoit indiqué l'analyse chimique comme le véritable moyen de connoître les élémens des corps, proposoit une autre hypothèse dans sa *physica subterranea*. Suivant lui, tous les corps terrestres sont composés d'*eau*, d'*air* et de trois espèces de *terres;* savoir la terre *fusible*, la terre *inflammable* ou *sulfureuse*, et la terre *mercurielle*. La combinaison des trois terres, en proportions à-peu-près égales produit la formation des métaux, celle des pierres résulte d'une proportion très-petite de terre mercurielle; lorsque la terre fusible prédomine, les composés sont les pierres précieuses; ce sont des terres colorifiques, lorsque la terre sulfureuse est en proportion plus forte et que la terre fusible manque. Cette dernière terre forme avec l'eau un acide universel qui a beaucoup de ressemblance avec l'acide sulfurique, et d'où

dérive l'acidité de tous les autres acides ; l'eau, la terre fusible, et celle mercurielle, constituent le sel commun ; la terre sulfureuse, et l'acide universel, forment le soufre.

Stahl apporta de grandes modifications à cette théorie de Beccher ; il semble avoir admis l'acide universel comme un élément : il mit entièrement de côté la terre mercurielle, et il désigna celle sulfureuse, tantôt sous la dénomination de *phlogistique*, tantôt sous celle d'*éther*. Il considéroit les terres comme étant de plusieurs sortes, mais comme contenant toutes un certain élément appellé *terre*, de manière qu'il y avoit suivant lui cinq élémens, l'air, l'eau, le phlogistique, la terre, et l'acide universel. Il parla aussi du calorique et de la lumière, mais sans qu'on ait pu connoître bien positivement quelle étoit à cet égard son opinion.

La théorie de Stahl ayant été successivement modifiée par les chimistes qui vinrent après lui, l'acide universel fut tacitement écarté, et les différens acides connus, considérés comme distincts, indécomposés, ou substances simples. On admit plusieurs espèces de terres, et toutes les chaux métalliques furent regardées comme des substances particulières. C'est principalement à Bergman que la chimie dut ces changemens. Pendant que les chimistes français et

allemands s'occupoient de théories sur l'acide universel, cet illustrec himiste et son immortel ami, et collaborateur, Schéele, proclamoient hautement la nécessité de considérer comme simple tout corps qu'on ne seroit pas encore parvenu à décomposer, et de distinguer, l'une de l'autre, toute substance jouissant de propriétés particulières. Ces observations, et l'arrangement que fit en conséquence Bergman des composés chimiques en classes distinctes, attirèrent bientôt l'attention, et l'on finit par y adhérer.

Dès-lors les élémens de Stahl furent bannis du domaine de la chimie, et remplacés par un grand nombre de corps considérés comme simples, parce qu'ils n'avoient pas encore été analysés. Ces corps étoient le phlogistique, les acides, les alcalis, les terres, les chaux métalliques, l'eau et l'oxigène. Les règles établies par Bergman et Schéele sont encore suivies; mais les progrès de la science et les découvertes postérieurement faites, ont rangé parmi les corps composés la plupart de ceux qu'alors on considéroit comme simples, tandis qu'on a mis au nombre des substances simples plusieurs de leurs composés, depuis qu'on ne croit plus à l'existence du phlogistique qu'ils regardoient comme partie composante de ces corps.

Comme l'expression de *substance simple*, n'a d'autre signification en chimie que l'indication

d'un corps dont les parties constituantes sont inconnues, il n'est pas douteux qu'à mesure que la science avancera vers son terme de perfection, un grand nombre de corps, que nous considérons actuellement comme simples, seront décomposés, et très-vraisemblablement aussi, nous découvrirons de nouveaux corps simples qui ne nous sont pas aujourd'hui connus. On décomposera ces corps à leur tour, et l'on trouvera de nouvelles substances simples, jusqu'à ce qu'enfin la science étant arrivée à son plus haut degré de perfection, on puisse bien réellement connoître les véritables principes élémentaires, dont tous les corps sont définitivement composés. Lorsque nous serons parvenus à ce point, le nombre des substances simples sera probablement beaucoup plus petit qu'il ne l'est actuellement. La plupart des philosophes les plus distingués dans tous les âges, étoient en effet d'avis qu'il n'existe qu'une seule espèce de matière, et que la différence que nous remarquons entre les corps dépend des variétés de figure, de dimension et de densité des atômes primaires, lorsqu'ils se groupent ensemble. Newton partageoit cette opinion sur laquelle Boscovich fonda une très-ingénieuse et très-savante théorie, mais dont la pleine démonstration est peut être au-dessus des efforts de la sagacité humaine.

LIVRE II.

DES CORPS COMPOSÉS.

Les composés sont des corps formés par l'union de deux ou d'un plus grand nombre de substances simples ; or comme celui de ces substances, en n'y comprenant pas la lumière et le calorique, est de 35, leur combinaison les unes avec les autres, produiroit des milliers de composés, si elles en étoient toutes susceptibles ; mais c'est ce qui n'a pas lieu, car l'azote, par exemple, ne s'unit point aux métaux. On a déja décrit plusieurs classes nombreuses de composés, en traitant des oxides, des sulfures, des phosphures, et des alliages ; il nous en reste beaucoup moins à considérer dans la suite de cet ouvrage.

[*Divisions.*] Les composés peuvent résulter de la combinaison de deux ou d'un plus grand nombre de substances *simples*, ou de celle de deux, ou d'un plus grand nombre de substances *composées*. Dans le premier cas, les composés sont désignés par la dénomination de *primaires*, et dans l'autre par celle de *secondaires* ; ainsi, l'acide phosphorique que produit la combinaison

du phosphore et de l'oxigène, l'ammoniaque que forme celle de l'hydrogène et de l'azote, et l'huile, qui résulte de celle de l'hydrogène et du carbone, sont des composés de la première espèce, tandis que le phosphate d'ammoniaque qui est l'union de l'acide phosphorique avec l'ammoniaque, et le liniment volatil, qui est celle de l'huile avec la même substance, appartiennent aux composés de la seconde espèce. Il nous paroît convenable de traiter séparément de chacune de ces espèces de composés; il a déja été observé, qu'outre les 35 corps dont nous avons parlé, sans y comprendre la lumière et le calorique, il en existe plusieurs autres que les chimistes ne sont point encore parvenus à réduire à des principes plus simples; nous nous sommes réservés d'en traiter ultérieurement, et de les classer parmi les composés, parce qu'ils ne possèdent aucunes des propriétés caractéristiques des substances déja décrites, et qu'ils ont de l'analogie avec les composés, sous le double rapport des combinaisons qu'ils forment, et des propriétés génériques qui leur sont communes avec des substances qui ont été décomposées. Les plus importans de ces corps sont les alcalis et les terres. C'est à raison de la propriété qu'ils ont de se combiner avec les acides, et de former ainsi une suite très-nombreuse de composés appelés *scls*, que

Fourcroy leur a donné le nom de *bases salifiables*. J'adopterai cette dénomination, contre laquelle cependant il y auroit quelques objections à faire, parce que je ne pense pas qu'on en puisse trouver d'autre qui n'en soit également susceptible. Je divise donc ce livre en trois parties; 1°. *les bases salifiables;* 2°. *les composés primaires*; 3°. *les composés secondaires*.

PREMIÈRE DIVISION.

Des bases salifiables.

Nous croyons devoir comprendre l'*ammoniaque* dans le nombre des bases salifiables quoique cette substance ait été décomposée, parce qu'elle a des propriétés communes avec celles de ces bases qui ne l'ont point encore été, et qui sont des plus importantes. Les bases salifiables s'arrangent naturellement dans l'ordre qui suit :

1°. Alcalis volatils.
2°. Alcalis fixes.
3°. Terres alcalines.
4°. Terres pures.

C'est ainsi que nous en traiterons particulièrement dans chacun des quatre chapitres suivans.

CHAPITRE PREMIER.

Des alcalis volatils.

[*Origine.*] Le mot *alcali* nous vient des Arabes. On appela ainsi la substance blanche qu'on obtient, par l'évaporation à siccité, d'une lessive des cendres de la plante à laquelle ils avoient donné le nom de *kali* qu'elle conserve encore. Suivant Albert-le-Grand, cette expression dont il se sert, signifie « *fœx amaritudinis*, la lie de l'amertume » (1). On peut retirer l'alcali d'autres substances que de la plante *kali*. Les chimistes ont successivement découvert et confondu sous le même nom, d'autres corps différens les uns des autres dans plusieurs de leurs propriétés; ainsi le terme alcali est devenu général. On l'applique actuellement à tout corps jouissant des propriétés suivantes, savoir :

Propriétés.

1. D'une saveur caustique.
2. De la faculté d'être volatilisé par la chaleur.

(1) *Theatrum chimicum.* II. 470.

3. De celle de se combiner avec les acides, et d'en détruire l'acidité.
4. D'être soluble dans l'eau, même à l'état de combinaison avec l'acide carbonique.
5. De changer en vert les couleurs bleues végétales.

Les alcalis connus jusqu'à présent, sont au nombre de trois. 1. L'ammoniaque; 2. la potasse; 3. la soude. On appelle *alcalis fixes* les deux derniers, parce qu'ils exigent une chaleur rouge pour être volatilisés. On distingue le premier, qui passe promptement à l'état gazeux, et qui par conséquent se dissipe à un degré de chaleur très-médiocre, par la dénomination d'*alcali volatil*.

SECTION PREMIÈRE.

De l'ammoniaque.

L'ammoniaque n'existe à l'état de pureté que sous la forme gazeuse. On peut l'obtenir ainsi de la manière suivante.

[*Préparation.*] Mettez dans une cornue un mélange de trois parties de chaux vive, et d'une partie de muriate d'ammoniaque en poudre. Faites aboutir le bec de la cornue sous une

cloche de verre remplie de mercure, et renversée sur ce métal. Appliquez-y la chaleur d'une lampe, il se dégagera un gaz qui déplacera le mercure, et remplira la cloche ; ce gaz est l'*ammoniaque*.

[*Histoire.*] L'ammoniaque, dont les anciens ignorèrent entièrement l'existence, ne fut connue des alchimistes que dans son état de combinaison avec l'acide carbonique, et souvent aussi de sa dissolution dans l'eau. On lui donnoit le nom d'*alcali volatil* : on l'appela encore *hartzhorn*, esprit de corne, *esprit d'urine*, et *esprit de sel ammoniac*, parce qu'on l'obtenoit de la corne, de l'urine, et du sel ammoniac. Le docteur Black fit voir le premier la différence qu'il y avoit entre l'ammoniaque, et le carbonate d'ammoniaque, ou l'ammoniaque combinée avec l'acide carbonique, et le docteur Priestley fut le premier aussi qui trouva le moyen ci-dessus décrit, de l'obtenir à l'état de pureté.

[*Propriétés.*] 2. L'ammoniaque à l'état de gaz est d'une transparence parfaite, et sans couleur, comme l'air. Sa saveur, âcre et caustique, l'est beaucoup moins que celle des alcalis fixes, et l'ammoniaque ne corrode point, comme le font ces alcalis, les substances animales sur lesquelles on l'applique. L'ammoniaque est remarquable par son odeur vive et piquante, qui cependant

n'est pas désagréable lorsque cet alcali est suffisamment étendu. On l'emploie avec avantage comme stimulant, pour prévenir la défaillance.

Les animaux plongés dans le gaz ammoniac ne peuvent le respirer, ils y périssent. Lorsqu'on laisse une bougie allumée dans une cloche pleine de ce gaz, elle s'éteint à trois ou quatre reprises successives ; mais à chaque fois, la flamme acquiert un volume plus considérable par l'addition d'une autre flamme de couleur jaune pâle ; et à la fin, cette flamme descend de la partie supérieure de la cloche vers le fond.

La pesanteur spécifique de ce gaz, est suivant Kirwan, de 0.600, celle de l'air étant 1.000(1), tandis que M. Davy, qui éprouva probablement du gaz plus pur, la trouva être de 0.5505 (2). A la température de 15°.55 centigr., un décimètre cube de ce gaz pèse, d'après les expériences de Kirwan, 0.717 grammes, et d'après celles de Davy, 0.674 grammes ; ainsi, cette pesanteur est à-peu-près à celle de l'air ordinaire dans le rapport de 3 à 5.

En exposant le gaz ammoniac à un froid de — 43° centigr. environ, il se condense en un liquide ; mais il reprend la forme gazeuse

(1) *Phlogisticon*, p. 28.

(2) *Researches*, p. 565.

à mesure que la température s'élève au-dessus de ce degré de froid (1). En faisant passer ce gaz à travers un tube de porcelaine ou de verre, chauffé au rouge, il est totalement décomposé et converti en gaz, hydrogène, et azote (2). Pour que cette expérience réussisse, il faut que le tube ne soit pas d'un trop grand diamètre.

3. Le gaz ammoniac se combine très-promptement avec l'eau. Lorsqu'on le met en contact avec de la glace, elle l'absorbe, elle se fond, et sa température s'abaisse. Avec l'eau froide, l'absorption est presqu'instantanée, il y a dégagement de calorique, et la pesanteur spécifique de l'eau est diminuée. L'eau est capable d'absorber, et de condenser plus des 0.33 de son poids de gaz ammoniac, et la pesanteur spécifique de cette dissolution saturée est de 0.9054 (3). C'est dans cet état, que les chimistes emploient ordinairement l'ammoniaque, et par ce terme, on entend presque toujours cette dissolution liquide du gaz ammoniac dans l'eau. Lorsqu'on la chauffe à la température d'environ 54°.44 centigr., l'ammoniaque s'en sépare sous forme de gaz. Elle cristallise en l'exposant à un froid

(1) Morveau, Ann. de chim. XXIX. 292.
(2) Priestley. II. 395.
(3) *Ibid.* II. 381; et Davy, *Researches*, p. 66.

de — 43°.33 centigr. Lorsque cette dissolution est rapidement refroidie à — 55°.55 centigr., l'ammoniaque se prend en une gelée épaisse, et conserve à peine de l'odeur (1).

Il résulte des expériences de M. Davy, qu'une dissolution saturée d'ammoniaque est composée de

74.63 eau.
25.37 ammoniaque.
100.00

La table suivante a été formée par ce chimiste. Elle présente les différentes proportions d'eau, et d'ammoniaque, que contiennent 100 parties d'ammoniaque liquide de différentes pesanteurs spécifiques (2).

(1) Fourcroy et Vauquelin, Ann. de chim. XXIX. 289.

(2) Davy, p. 68.

Pesanteur spécifique.	*Ammoniaque.*	*Eau.*
0.9054.....	25.37.....	74.63
0.9166.....	22.07.....	77.93
0.9255.....	19.54.....	80.46
0.9326.....	17.52.....	82.48
0.9385.....	15.88.....	84.12
0.9435.....	14.53.....	85.47
0.9513.....	12.40.....	87.60
0.9545.....	11.56.....	88.44
0.9573.....	10.82.....	89.18
0.9597.....	9.60.....	90.40
0.9619.....	10.17.....	89.83
0.9684.....	9.50.....	90.50
0.9713.....	7.17.....	92.83

4. Le gaz ammoniac n'est point altéré par la lumière ; mais, par les étincelles électriques, son volume est considérablement augmenté, et il est converti dans les deux gaz hydrogène et azote (1), dont par conséquent il est composé. Berthollet obtint par ce moyen, 54.1 centim. cubes de ces gaz, de 27.8 centim. cubes de gaz ammoniac (2).

5. Le gaz ammoniac n'a aucune action à froid sur le gaz oxigène ; mais si l'on fait passer un mélange de ces deux gaz à travers un tube de

(1) Priestley. II. 389.

(2) Berthollet, Jour. de phys. XXIX. 176.

porcelaine chauffé au rouge, il y a détonation, formation d'eau, et dégagement de gaz azote.

L'ammoniaque est donc en partie combustible. Son hydrogène se combine avec l'oxigène, et il en résulte de l'eau, tandis que l'azote est séparé sous forme de gaz (1). Si dans le mélange des deux gaz, la proportion d'oxigène est considérable, la quantité qui en est surabondante à la formation de l'eau, produit de l'acide nitrique par sa combinaison avec l'azote (2). Les mêmes phénomènes de décomposition et de détonation ont lieu, lorsque dans le mélange, on substitue l'air ordinaire au gaz oxigène.

[*Action sur les corps combustibles simples.*]

6. Le soufre est le seul des combustibles simples qui soit susceptible de combinaison avec l'ammoniaque. On ne remarque aucun effet entre l'hydrogène et cette substance, sur laquelle le phosphore et le carbone ont une action considérable à de hautes températures.

L'ammoniaque se combine avec le soufre à l'état de vapeur; elle forme ainsi un sulfure qui décompose l'eau, et devient *sulfure hydrogéné d'ammoniaque*, anciennement appelé *liqueur fumante de Boyle*, du nom de ce chimiste, qui en parla

(1) Proust, Nicholson's, *Jour.* III. 328.

(2) Fourcroy. II. 298.

le premier (1). On se procure ordinairement ce sulfure hydrogéné par la distillation d'un mélange, de 5 parties de muriate d'ammoniaque, 5 parties de soufre, et de 6 parties de chaux vive. C'est un liquide d'une couleur rouge ou plutôt orangé foncé, dont Berthollet a le premier fait connoître la nature (2).

Le phosphore n'a aucune action à froid sur le gaz ammoniac, mais lorsqu'on fait passer ce gaz à travers du phosphore dans un tube de porcelaine chauffé au rouge, il est décomposé, il y a formation de gaz hydrogène phosphoré, et de gaz azote saturé de phosphore (3).

A froid, le charbon absorbe le gaz ammoniac sans en altérer les propriétés; mais lorsqu'on fait passer ce gaz à travers du charbon rouge de feu, il s'y combine en partie, et il se forme une substance connue sous le nom *d'acide prussique* (4).

[*Sur les incombustibles.*] 7. Il n'y a aucune action entre l'ammoniaque et l'azote; mais avec l'acide muriatique, la combinaison se fait très-rapidement; les deux gaz se condensent en un

(1) Boyle. II. 78.
(2) Ann. de chim. XXV. 233.
(3) Fourcroy. II. 237.
(4) Schéele. II. 183; et Clouet, Ann. de chim. XI. 30.

sel solide auquel on a donné le nom de *muriate d'ammoniaque*.

[*Sur les métaux.*] 8. L'ammoniaque ne se combine point avec les métaux, mais il change quelques-uns d'entre eux en oxides, et alors il les dissout. L'oxidation résulte évidemment de la décomposition d'une partie de l'eau que contient l'ammoniaque; car il se dégage de l'hydrogène pendant la dissolution. L'ammoniaque agit ainsi sur le cuivre et le zinc, et même aussi sur l'étain et le fer, quoique moins sensiblement; elle produit à peine le moindre effet sur aucun des autres métaux.

[*Dissout les oxides métalliques.*] L'ammoniaque liquide dissout les oxides d'argent, de cuivre, de fer, d'étain, de nickel, de zinc, de bismuth et de cobalt (1). Lorsqu'on la met en digestion sur des oxides de mercure, de plomb, ou de manganèse, elle est décomposée; il se forme de l'eau par l'union de l'hydrogène de l'ammoniaque et de l'oxigène des oxides, et le gaz azote se dégage (2). Si la chaleur est con-

(1) Elle dissout le protoxide de fer lorsqu'on en ajoute avec excès, mais seulement en petites quantités. Elle ne dissout point le peroxide de fer, non plus, suivant Thenard, que le peroxide de cobalt.

(2) Schéele.

sidérable, il se forme en même tems de l'acide nitrique, et de l'eau (1).

Plusieurs autres oxides sont aussi en partie désoxidés lorsqu'on ajoute de l'ammoniaque à leurs dissolutions dans les acides. La dissolution ammoniacale du peroxide de cuivre est d'une belle couleur bleue, et susceptible, suivant Sage, de cristalliser. Lorsqu'on la chauffe, l'ammoniaque en est en partie séparée, et en partie décomposée par la combinaison de son hydrogène avec l'oxigène de l'oxide.

9. L'ammoniaque se combine facilement avec les peroxides d'or et d'argent, et forme avec eux deux composés anciennement connus sous les noms d'*or fulminant*, et d'*argent fulminant*, parce que lorsqu'ils étoient chauffés ou frottés, ils faisoient explosion avec une grande violence. L'ammoniaque se combine aussi avec l'oxide rouge de mercure.

[*Or fulminant.*] Pour préparer l'or fulminant qu'on appelle aussi *aurate d'ammoniaque*, on fait dissoudre de l'or dans de l'acide nitro-muriatique étendu de trois fois son poids d'eau, on verse dans cette dissolution de l'ammoniaque pure, peu-à-peu, et jusqu'à ce qu'elle n'y opère plus de précipité, en ayant soin cependant de ne

(1) Milner, Phil. Trans. Fourcroy. V. 355.

pas en mettre en trop grand excès, car alors le précipité seroit en partie redissous. On lave avec de l'eau distillée ce précipité qui est de couleur jaune, on le fait sécher à l'air sur du papier à filtrer, on le met ensuite dans une fiole, qu'il convient de ne pas fermer avec un bouchon de liége, à l'effet de prévenir les accidens, mais dont il faut se borner à recouvrir l'ouverture d'un morceau de linge, ou d'une feuille de papier. Ce précipité est l'or fulminant. Il est composé de 5 parties d'oxide jaune d'or, et d'une partie d'ammoniaque (1). Sa préparation est décrite par Basile Valentin. Ses propriétés singulières excitèrent l'attention des chimistes. On avoit essayé vainement de donner une explication satisfaisante de sa propriété de fulminer, lorsque dans sa dissertation sur cette substance, publiée en 1769, Bergman démontra qu'elle étoit un composé d'ammoniaque et d'oxide jaune d'or: que pendant son explosion, l'oxide est réduit, l'ammoniaque décomposée, et l'azote dégagé sous forme de gaz (2). A l'aide de ces faits, que Schéele avoit en partie découverts, Bergman rendoit ainsi raison de l'explosion. L'ammoniaque étant, suivant lui, un

(1) Bergman. II. 155.

(2) Bergman. II. 153; et Schéele, *on Fire*, p. 137.

composé d'azote et de phlogistique, lorsqu'on chauffe l'or fulminant, le phlogistique se combine avec l'oxide et forme l'or, tandis que l'azote se dégage sous la forme de gaz. Les expériences de Bergman et de Schéele furent répétées, et confirmées par Berthollet en 1786; mais, comme avant cette époque, Lavoisier avoit déja fait connoître la nature des oxides, il lui fut facile de présenter un exposé plus vrai de ce qui avoit lieu pendant le phénomène. Il fit voir qu'il étoit produit par la combinaison de l'hydrogène de l'ammoniaque avec l'oxigène de l'oxide qui formoit de l'eau, l'or étant réduit, et par le dégagement, sous forme de gaz, de l'azote mis en liberté par la décomposition de l'ammoniaque; c'est à la grande expansibilité de ce gaz par la chaleur, qu'est due la violence de l'explosion.

Cette explosion de l'or fulminant a lieu, soit par une forte percussion, soit lorsqu'on le triture dans un mortier, ou qu'on le chauffe à une température de 120° à 282°.22. centigr. Elle est accompagnée d'un bruit très-considérable, et si la quantité de l'or fulminant est assez forte, comme de 0.6 gram., par exemple, la lame métallique sur laquelle on l'a placé, est brisée. Lorsqu'on chauffe l'or fulminant dans des vaisseaux fermés assez forts pour résister à son action, il se réduit sans bruit, et sans aucune trace

d'explosion (1). La société royale avoit comparé la force d'explosion de l'or fulminant à celle de la poudre à canon ; mais on a trouvé qu'elle étoit inférieure.

[*Argent fulminant.*] C'est à Berthollet qu'on dut en 1788 la découverte de l'argent fulminant. On peut l'obtenir en dissolvant de l'argent très-pur dans l'acide nitrique, et en le précipitant de cette dissolution par l'eau de chaux. On met le précipité sur du papier à filtrer qui absorbe l'eau et le nitrate de chaux qu'il a pu retenir. On le mêle ensuite avec de l'ammoniaque liquide pure, et on laisse reposer le mélange pendant 12 heures. On décante alors la liqueur, et l'on dépose avec précaution, et par petites portions, sur du papier à filtrer, la poudre noire qui reste après la décantation et qui est l'argent fulminant ; ce précipité, lors même qu'il est encore humide, fulmine avec violence quand il est frappé par un corps dur, et le plus léger contact suffit, s'il est sec. Si l'on chauffe dans une cornue le liquide décanté, il y a effervescence, dégagement de gaz azote, et formation de petits cristaux opaques avec éclat métallique qui fulminent dès qu'on les touche, lors même qu'ils sont recouverts de la liqueur, et qui brisent

(1) Bergman. II. 141.

souvent en morceaux les vaisseaux dans lesquels on les garde (1).

La théorie de cette poudre dangereuse est la même que celle de l'or fulminant. C'est un composé d'ammoniaque et d'oxide d'argent ; par le frottement, ou l'application de la chaleur, la combinaison de l'oxigène de l'oxide, et de l'hydrogène de l'ammoniaque a lieu. Il y a formation d'eau, réduction de l'argent, et dégagement de gaz azote.

[*Mercure ammoniacal fulminant.*] Le mercure ammoniacal fulminant a été dernièrement découvert par Fourcroy. On peut l'obtenir, en laissant une forte dissolution d'ammoniaque dans l'eau en digestion sur de l'oxide rouge de mercure pendant 8 ou 10 jours ; au bout de ce tems l'oxide devient blanc, et il se recouvre à la fin de petites écailles cristallines. Dans cet état, il détone avec bruit sur les charbons ardens, de la même manière que l'or fulminant ; cet oxide perd dans peu de jours sa propriété fulminante, et éprouve une décomposition spontanée. En l'exposant à une chaleur médiocre, l'ammoniaque se dégage et l'oxide rouge reprend son apparence première (2).

---

(1) Berthollet, Ann. de chim. I. 54.

(2) *Journ. of the royal institution.* I. 256.

10. Les affinités de l'ammoniaque sont les mêmes que celles des alcalis fixes.

[*Composition de l'ammoniaque.*] 11. Comme l'ammoniaque a la propriété de détoner avec le nitrate de potasse, les chimistes s'étoient tous trouvés d'accord pour le considérer comme contenant le phlogistique. Schéele démontra le premier, qu'en le décomposant par les oxides de manganèse, d'arsenic, ou d'or, le gaz azote est degagé, tandis que l'oxide est réduit (1): il en concluoit qu'il étoit composé d'azote et de phlogistique, et Bergman partageoit cette opinion. Le docteur Priestley découvrit, qu'en soumettant ce gaz aux commotions électriques, son volume s'augmentoit par degrés jusqu'à occuper trois fois plus d'espace qu'auparavant, et qu'il se produisoit une grande quantité de gaz hydrogène. En faisant chauffer des oxides rouges, de mercure, et de plomb, dans le gaz ammoniac, ce chimiste remarqua que ces oxides étoient réduits, qu'il se produisoit de l'eau, que le gaz ammoniac disparoissoit, et qu'il étoit remplacé par du gaz azote(2). Ces expériences, et celles de Schéele, le portèrent à conclure

(1) Schéele. I. 95 et 155, *French trans.*— *Schéele on fire*, p. 137.

(2) Priestley. II. 396.

que l'ammoniaque est composée d'azote et d'hydrogène, conclusion qui fut pleinement établie par les expériences de Berthollet, publiées dans les mémoires de l'Académie pour 1785. Ce savant répéta les expériences de Schéele et de Priestley, il y en ajouta plusieurs autres très-décisives qui lui étoient particulières, et il leur appliqua la théorie de Lavoisier. La plus importante de ces expériences est celle de la décomposition réciproque de l'ammoniaque et de l'acide muriatique oxigéné. En mêlant ensemble des dissolutions de ces substances dans l'eau, il y a effervescence, l'azote est dégagé, il se forme de l'eau, et l'acide muriatique oxigéné est converti en acide muriatique simple; mais les substances mêlées ensemble étoient l'ammoniaque, et l'acide muriatique oxigéné, et les produits sont de l'acide muriatique, de l'azote, et de l'eau qui est composée d'oxigène et d'hydrogène. L'oxigène de l'eau avoit donc été fourni par l'acide muriatique oxigéné, et les autres produits par l'ammoniaque qui avoit disparu, et qui par conséquent devoit être composée d'azote et d'hydrogène; d'après ces expériences de Berthollet, l'ammoniaque est formée de 121 parties d'azote et de 29 d'hydrogène (1). Suivant le docteur

(1) Berthollet a déterminé les parties constituantes de

Austin, ces parties composantes de l'ammoniaque sont dans le rapport de 121 d'azote et de 32 d'hydrogène (1), d'où il suivroit que 100 parties d'ammoniaque contiendroient environ 80 azote et 20 hydrogène. Les expériences de Berthollet ont été de nouveau confirmées par celles plus récentes de M. Davy (2).

Les parties constituantes de l'ammoniaque étant ainsi reconnues et déterminées, il ne manquoit plus pour rendre la théorie complète, que de combiner ensemble ces parties composantes, et de former artificiellement l'ammoniaque. Le docteur Austin, après avoir mêlé ensemble les gaz, hydrogène, et azote, dans les proportions convenables, essaya d'en opérer la combinaison par l'application de la chaleur, par l'électricité, et par le froid; mais il trouva, que tant que ces substances conservoient l'état gazeux, il étoit impossible de parvenir à les faire combiner ensemble par aucun moyen qu'on pût imaginer; et cependant, il n'étoit pas douteux que cette combinaison auroit souvent lieu si

---

l'ammoniaque, en le décomposant par l'électricité, et en faisant détoner le nouveau gaz avec l'oxigène. Jour. de phys. XXIX. 177.

(1) Phil. Trans. 1788, p. 386.

(2) *Researches*, p. 36.

on présentoit ces corps l'un à l'autre dans un état différent. Le docteur Priestley (1) et M. Kirwan (2) avoient, en effet, réussi à former l'ammoniaque avant même que la composition en fut connue. On avoit trouvé qu'en humectant de l'étain d'acide nitrique, qu'en ajoutant, après l'avoir laissé ainsi en digestion pendant une minute ou deux, un peu de chaux ou de potasse, il s'exhaloit immédiatement de l'ammoniaque. L'acide nitrique et l'eau qu'il contient sont décomposés, l'oxigène de l'un et de l'autre s'unit à l'étain et le réduit à l'état d'oxide, tandis que dans le même tems l'hydrogène de l'eau se combine avec l'azote de l'acide, et il se produit de l'ammoniaque qui est dégagé par la force plus grande d'affinité de la potasse ou de la chaux. Le docteur Austin réussit également à former l'ammoniaque par plusieurs autres moyens; il introduisit dans un tube de verre rempli de mercure un peu de gaz azote, et il mit dans ce gaz des tournures de fer humectées d'eau. Le fer décomposa l'eau et se combina avec son oxigène, et l'hydrogène se trouvant en contact avec l'azote, au moment où il étoit mis en liberté, se combinoit avec

(1) *On Air.* II. 41.

(2) *On hepatic Air.* §. III.

lui et formoit l'ammoniaque. Cette expérience prouve que l'état gazeux de l'azote ne s'oppose point à sa combinaison avec l'hydrogène. L'expérience donne également les mêmes résultats, lorsqu'on substitue l'air commun à l'azote ; mais il faut plus de tems pour que le développement de l'ammoniaque devienne sensible. Il s'ensuit qu'il y a pareillement formation d'ammoniaque toutes les fois qu'on met de la limaille de fer en contact avec l'eau et l'air (1).

CHAPITRE II.

Des alcalis fixes.

On ne connoît encore jusqu'à présent que deux alcalis fixes, la *potasse* et la *soude* ; ils different de l'alcali volatil en ce qu'ils ne sont point gazeux, qu'on peut les obtenir purs à l'état solide, et que leur saveur est beaucoup plus âcre.

(1) Phil. Trans. 1788, p. 379.

SECTION PREMIÈRE.

De la potasse.

[*Méthode de préparation de la potasse.*] Si, après avoir réduit en cendres une quantité suffisante de bois, on les lessive jusqu'à ce que l'eau qui en sort n'ait plus aucune espèce de saveur, et qu'ensuite on évapore jusqu'à siccité la liqueur du lavage préalablement filtrée, on aura pour résidu de cette évaporation de la *potasse* : elle se trouvera, à la vérité, mêlée avec plusieurs autres substances ; mais elle sera encore assez pure pour manifester la plupart des propriétés alcalines. C'est dans cet état qu'elle se vend dans le commerce sous le nom de *potasse* : on y connoît sous celui de *perlasse*, la potasse beaucoup plus blanche qu'on a dégagée, en la chauffant au rouge, de la plus grande partie des matières étrangères qui l'accompagnoient ; elle en retient cependant encore ; elle est d'ailleurs elle-même dans un état de combinaison avec le gaz acide carbonique qui atténue toutes ses propriétés. On peut l'obtenir parfaitement pure de la manière suivante.

1. Mêlez cette potasse avec deux fois son poids de chaux vive, et dix fois son poids d'eau pure : faites bouillir le mélange pendant quelques heures dans un vaisseau de fer propre, ou bien tenez-le pendant 48 heures dans un vase de verre que vous secouerez de tems en tems. Filtrez alors, et faites évaporer très-promptement la liqueur dans un vaisseau d'argent, jusqu'à ce qu'elle soit susceptible de prendre par le refroidissement la consistance du miel. Ajoutez-y de l'alcool en quantité égale au tiers de la potasse employée, agitez bien le mélange, mettez-le sur le feu, faites-le bouillir pendant une minute ou deux, et versez-le dans un vaisseau de verre fermé avec un bouchon de liége. La liqueur se séparera peu-à-peu d'elle-même en deux couches, dont celle inférieure contient les matières étrangères en partie dissoutes dans l'eau, et en partie à l'état solide, et dont celle supérieure est une dissolution de potasse pure dans l'alcool d'une couleur brune rougeâtre. Décantez cette dissolution alcoolique dans une bassine d'argent, et faites-la évaporer rapidement jusqu'à ce qu'il se forme à sa surface une croûte noire charbonnée, et que la liqueur au-dessous ait acquis une consistance à devenir solide par le refroidissement. Enlevez alors la croûte noire, et versez la liqueur dans un vase

de porcelaine ; elle se solidifiera en une belle substance blanche qui est la potasse pure : on la brise en morceaux pour la renfermer de suite dans une fiole bouchée bien exactement. Ce procédé est dû à Berthollet (1) ; celui proposé d'abord par Lowitz de Pétersbourg est moins dispendieux ; il consiste à faire bouillir ensemble, comme dans le procédé qui vient d'être décrit, de la potasse du commerce et de la chaux vive ; on filtre la liqueur, on l'évapore jusqu'à ce qu'il se forme une pellicule à sa surface, on la laisse ensuite refroidir, et on en sépare les sels étrangers qui ont cristallisé. On continue alors l'évaporation dans un vaisseau de fer, en enlevant soigneusement avec une écumoire de même métal, la pellicule à mesure qu'elle paroît à la surface ; lorsqu'il ne s'y en forme plus, et que la matière a cessé de bouillir, on la retire du feu et on la remue continuellement avec une spatule de fer pendant qu'elle refroidit. On la dissout alors dans le double de son poids d'eau froide, on filtre la dissolution et on l'évapore dans une cornue de verre (2), jusqu'à ce qu'on

(1) Journ. de phys. XXVIII. 401.

(2) Le docteur Kenedy observe avec raison qu'on ne devroit pas employer une cornue de verre, parce que

s'apperçoive qu'il s'y dépose des cristaux réguliers. Si la masse se consolide en se refroidissant, on y ajoute un peu d'eau, et on la chauffe de nouveau ; lorsqu'il y a eu une quantité suffisante de cristaux formés, on décante la liqueur, devenue d'une couleur très-brune, qui les surnage, on la garde dans une bouteille bien bouchée jusqu'à ce que la matière brune se soit déposée, qu'on puisse l'évaporer de nouveau, et en obtenir encore des cristaux (1).

La théorie de ce procédé s'explique facilement : l'affinité de la chaux pour l'acide carbonique étant plus forte que celle de la potasse pour cet acide, elle le lui enlève, tandis que, par l'alcool ou par l'évaporation, toutes les autres substances étrangères en sont séparées.

Klaproth se sert d'un moyen encore plus simple : il fait bouillir ensemble dans une chaudière de fer poli, et dans une suffisante quantité d'eau, parties égales de sel de tartre et de marbre de Carrare, ou d'écailles d'huîtres calcinées : il passe ce mélange à travers une toile claire et réduit par l'ébullition la liqueur, quoique encore trouble, jusqu'à ce qu'elle contienne

---

la potasse, dans cet état, dissout cette substance. Edim. Trans. V. 97.

(1) Nicholson's, *Jour.* I. 164.

environ moitié de son poids de potasse. Il la passe alors une seconde fois à travers un linge, et la met reposer dans une bouteille de verre. Au bout de quelques jours, lorsqu'elle s'est clarifiée d'elle-même, on la décante, de dessus son dépôt, de cette bouteille dans une autre (1).

[*Découverte par Black de la cause de la causticité.*] Comme on n'avoit jamais obtenu d'abord la potasse à l'état de pureté parfaite, mais toujours à celui de combinaison avec l'acide carbonique, les chimistes cherchèrent pendant longtems quelle pouvoit être la cause du changement que la chaux lui faisoit éprouver. Suivant quelques-uns, elle la dégageoit d'une certaine quantité de mucilage dont elle étoit enveloppée; suivant d'autres, elle la rendoit plus active en la divisant. Enfin, en 1756, le docteur Black prouva, par l'analyse la plus ingénieuse et la plus satisfaisante, que la potasse qu'on avoit considérée comme une substance simple, étoit réellement un composé de potasse et d'acide carbonique; que la chaux lui enlevoit cet acide, et que son énergie augmentoit en devenant plus simple. Tandis que le docteur Black s'occupoit de cet objet en Ecosse, M. Meyer faisoit en Allemagne les mêmes recherches, mais

(1) Klaproth, *Beitrage.* I. Préface, p. 10.

il en tira des conclusions très-différentes, dans ses Essais sur la chaux, qui parurent en 1764. En versant dans de l'eau de chaux une dissolution de potasse (carbonate de potasse), il obtenoit un précipité qu'il trouva être de même nature que la pierre calcaire. L'alcali avoit donc enlevé à la chaux sa causticité, il l'avoit dépouillée de ses propriétés actives, et toutes ces propriétés, il les avoit acquises lui-même. Il en conclut que la causticité de la chaux étoit due à un acide particulier avec lequel elle s'étoit combinée pendant sa calcination ; l'alcali séparoit de la chaux cet acide pour lequel par conséquent son affinité étoit plus forte. Il donna à cet acide le nom d'*acidum pingue* ou *causticum* ; c'étoit suivant lui un mixte subtil, élastique, analogue au soufre, se rapprochant de très-près de la nature du feu, et effectivement composé d'un principe acide, et de feu. Il étoit expansible, compressible, volatil, astringent, capable de pénétrer tous les vaisseaux, et la cause de la causticité dans la chaux, les alcalis, et les métaux. Cette théorie, quoiqu'appuyée d'un très-grand nombre de faits nouveaux et importans, ainsi que de la réputation de mérite de son auteur, ne fit cependant pas beaucoup de prosélytes. La connoissance de celle de Black s'étoit promp-

tement répandue sur le continent, et quoiqu'attaquée d'abord par quelques opposans, elle avoit porté la conviction dans tout esprit impartial, et M. Meyer, lui-même, finit par en reconnoître la vérité et l'importance. On ne peut révoquer en doute que les anciens Gaulois, et les Allemands, n'aient connu la potasse, puisqu'ils furent les inventeurs du savon, qu'ils composoient, ainsi que Pline nous l'apprend, avec des cendres et du suif. Ces cendres, qu'il désigne comme provenant particulièrement du bois de hêtre, n'étoient autre chose que de la potasse dans un état plus ou moins grand d'impureté (1). Le χουν dont parlent Aristophanes et Platon, semble aussi avoir été une matière délayée faite avec la même espèce de cendres. Les alchimistes connurent très-bien la potasse, et dans tous les tems, on en a fait un grand usage dans les recherches chimiques : on peut dire cependant avec justice, que jusqu'à l'époque où Berthollet a publié son procédé pour l'obtenir parfaitement pure, en 1780, aucun chimiste n'avoit pu encore l'examiner dans cet état (2).

---

(1) Plinii, lib. 18, cap. 51.

(2) On avoit distingué pendant longtems la potasse par la dénomination d'*alcali végétal*, parce qu'on l'obtenoit

[*Propriétés de la potasse.*] 2. La potasse est une substance de couleur blanche, cassante. Son odeur est analogue à celle qui se répand lorsqu'on détrempe de la chaux vive. Sa saveur est singulièrement âcre, et elle est si excessivement corrosive, qu'à quelque partie du corps qu'elle soit appliquée, elle la détruit presqu'instantanément. C'est à raison de cette propriété qu'on l'a appelée *caustique*. On en fait aussi, sous le nom de *cautère potentiel*, un fréquent usage en chirurgie, pour ouvrir les abcès, ou détruire les excroissances inutiles ou nuisibles. Sa pesanteur spécifique est de 1.7085 (1).

Lorsque la potasse est chauffée, elle se fond : à une chaleur rouge, elle se boursoufle et s'évapore lentement en une fumée blanche et âcre. Elle prend, par une forte chaleur, une teinte ver-

---

des végétaux, et qu'on l'avoit considérée comme appartenant particulièrement au règne végétal; mais il est aujourd'hui reconnu que c'est une erreur. On l'avoit aussi appelée *sel de tartre*, parce qu'on la retiroit de la combustion du sel de ce nom. M. Kirwan lui a donné le nom de *tartarin*; le docteur Priestley celui de *vegalkali;* Klaproth l'appelle *kali;* et le docteur Black *lixiva*. Elle est nommée potasse par le plus grand nombre des chimistes anglais; mais cette expression, dans le langage ordinaire, désigne le carbonate de potasse ou la potasse du commerce.

(1) Hassenfratz, Ann. de chim. XXVIII. 11.

dâtre, mais elle n'en éprouve aucun autre changement : elle n'est pas non plus altérée par son exposition à la lumière.

La potasse attire très-promptement l'humidité de l'air, et se résout en un liquide; elle se combine en même tems avec l'acide carbonique en vertu de la forte affinité qu'elle a pour cet acide.

[*Sa combinaison avec l'eau*]. 3. L'eau, à la température ordinaire, peut dissoudre le double de son poids de potasse. La dissolution est transparente, très-dense, et presque toujours d'une consistance huileuse. C'est dans cet état qu'on l'emploie ordinairement dans les laboratoires de chimie. Lorsqu'on mêle ensemble 4 parties de potasse en poudre, et une partie de neige, le mélange devient liquide et absorbe en même tems une grande quantité de calorique. C'est ainsi que Lowitz se procuroit un grand degré de froid. En évaporant, jusqu'à consistance convenable, une dissolution de potasse dans l'eau, la potasse cristallise, et la forme de ses cristaux varie selon la manière dont ils ont été produits. Si on les a laissé se former spontanément, ce sont des octaèdres groupés contenant 0.45 d'eau (1), et

(1) Suivant Proust, l'hydrate de potasse ne contient que 0.30 d'eau. Jour. de phys. LIX. 266.

s'ils proviennent de l'évaporation au feu, ils sont en lames transparentes très-larges, très-minces, qui par l'assemblage d'un nombre prodigieux de lignes qui se croisent, présentent une agrégation de cellules ou cavités tellement serrée, qu'on peut renverser le vaisseau sans qu'il s'en écoule une goutte du liquide qu'il contient (1).

[*Action sur l'oxigène.*] 4. On ne remarque dans la potasse aucune disposition à se combiner avec l'oxigène. Elle n'est point altérée non plus par l'action d'aucun des composés dans lesquels il entre, quoiqu'elle ait une forte tendance à s'unir avec plusieurs d'entre eux.

[*Sur les combustibles simples.*] 5. Le soufre est le seul des corps combustibles simples qui soit susceptible de se combiner avec la potasse. Il n'y a aucune espèce d'action quelconque entre cette substance, le carbone, et l'hydrogène; mais celle qu'elle exerce sur le phosphore est très-énergique.

[*Sulfure de potasse.*] En triturant ensemble dans un mortier de verre 3 parties de soufre et une partie de potasse, le soufre prend une couleur verte, le mélange s'échauffe et il s'en exhale une odeur alliacée. Ce mélange attire par

(1) Nicholson's, *Jour.* I. 164.

degré l'humidité de l'air, et devient entièrement dissoluble dans l'eau (1). En chauffant dans un creuset 2 parties de potasse et une partie de soufre, le mélange se fond et forme par la combinaison de ces deux substances, un *sulfure de potasse*. On peut préparer également ce sulfure en se servant de potasse du commerce, dont l'acide carbonique se sépare sous forme de gaz pendant la combinaison du soufre et de la potasse. Lorsque la fusion de la potasse et du soufre est complète, on coule le mélange sur une plaque de marbre, et dès qu'il s'y est congelé, on le brise en fragmens qu'on renferme aussitôt dans une fiole bien bouchée.

Le sulfure de potasse ainsi préparé, est d'une couleur brune assez analogue à celle du foie des animaux, ce qui lui fit donner autrefois le nom d'*hepar sulfuris*, *foie de soufre*. Exposé à l'air, il y devient promptement de couleur verte et passe même au blanc. Il est dur, fragile, et vitreux dans sa cassure; sa saveur est âcre, caustique et amère. Il fait des taches brunes sur la peau. Son odeur est celle du soufre sublimé. A un feu violent, le soufre en est séparé par sublimation, et la potasse reste pure. Ce sulfure

(1) Fourcroy. II. 203.

verdit promptement les couleurs bleues végétales et les détruit. Chauffé avec le charbon, il le dissout et s'y combine (1).

Les propriétés du sulfure de potasse changent très-promptement par son exposition à l'air, ou lorsqu'il est humecté d'eau ; sa couleur passe du brun au vert, et son odeur de soufre sublimé devient celle du gaz hydrogène sulfuré ; ce changement provient de ce qu'il se forme, par la décomposition de l'eau, de l'hydrogène sulfuré, qui en se combinant avec le sulfure le convertit en un hydrosulfure de potasse de couleur verte brunâtre, et soluble dans l'eau. On peut également former cet hydrosulfure, en faisant bouillir dans l'eau deux parties de potasse et une partie de soufre. Le sulfure de potasse ne produit aucun changement sur l'air ; mais l'hydrosulfure en absorbe l'oxigène. Si on en met dans un vaisseau fermé avec une certaine quantité d'air, il le dépouille de son oxigène, et il ne reste que le gaz azote. C'est à raison de cette propriété de l'hydrosulfure de potasse, que Schéele observa le premier, qu'il crut pouvoir s'en servir comme d'un moyen propre à mesurer la quantité d'oxigène contenue dans une portion donnée d'air atmosphérique. L'hydrosulfure de potasse est capable

(1) Fourcroy. II. 203.

d'oxider, et de dissoudre la plupart des métaux. Nous devons à Berthollet l'exposé exact de la différence qui existe entre ces deux substances (1).

[*Action sur le phosphore.*] On n'a pu jusqu'à présent parvenir à combiner la potasse avec le phosphore. Mais lorsqu'on chauffe ensemble dans une cornue, une dissolution de potasse, dans l'eau, et du phosphore, l'eau est décomposée; une portion du phosphore est convertie en acide phosphorique, et il se dégage une grande quantité de gaz hydrogène phosphoré, qui s'allume dès qu'il a le contact de l'air atmosphérique. C'est ainsi que Gingembre obtint pour la première fois ce gaz.

[*Action sur les incombustibles simples.*] 6. On ne remarque aucune action quelconque entre la potasse et l'azote; mais elle se combine très-facilement avec l'acide muriatique, et il en résulte le composé connu sous le nom de muriate de potasse.

[*Action sur les métaux.*] La potasse ne se combine avec aucun des métaux : mais dans son état de dissolution dans l'eau, et spécialement à l'aide de la chaleur, elle oxide par degrés quelques-uns de ceux qui ont une forte affinité

(1) Ann. de chim. XXV. 233. Proust, Jour. de phys. LIX. 266.

pour l'oxigène : c'est ce qui a lieu à l'égard du molybdène, du zinc, et du fer. L'étain et le manganèse semblent aussi, quoique très-foiblement, être susceptibles d'oxidation par la dissolution de potasse dans l'eau, et à chaud.

La potasse peut dissoudre un très-grand nombre d'oxides métalliques, et leur enlever, dans quelques circonstances, une portion de leur oxigène. C'est ainsi qu'elle convertit en oxide noir, l'oxide rouge de fer, sans qu'on ait pu jusqu'à présent connoître la cause de ce changement. On s'est assuré que la potasse dissout les oxides métalliques suivans :

De plomb (1).	D'arsenic.
D'étain.	De cobalt.
De nickel.	De manganèse.
De zinc.	De tungstène.
D'antimoine.	De molybdène.
De tellure.	

Ces dissolutions n'ont pas été examinées avec assez d'attention, et cependant de plus grandes recherches sur ce sujet important pourroient nous éclairer, tant sur la nature des alcalis, que sur celle des métaux.

[*Si la potasse est ou non un composé.*] La

(1) Bergman. III. 456. Proust, Jour. de phys. LVI. 217.

potasse n'a point encore été décomposée. Plusieurs chimistes l'ont considérée comme un composé de chaux et d'azote ; ils ont même essayé de le prouver par expériences ; mais aucun n'y a réussi d'une manière entièrement satisfaisante. Nous aurions donc bien été en droit de lui assigner sa place dans le premier volume de cet ouvrage ; mais en séparant ainsi les alcalis les uns des autres, nous aurions établi dans notre classement une confusion qui en auroit plus que contrebalancé l'exactitude rigoureuse. Nous avons d'ailleurs acquis, par une grande variété de faits, la certitude que tous les alcalis sont des composés. Il n'en est qu'un encore dont les parties constituantes soient réellement connues ; et les deux autres ont été surpris dans l'acte de leur formation, quoiqu'on n'ait pu en distinguer les élémens.

Morveau et Desormes, en annoncant, il y a quelque tems, qu'ils regardoient la potasse comme étant composée d'hydrogène et de chaux, fondoient principalement cette opinion sur la chaux qu'ils ont obtenue, en chauffant fortement avec de l'acide phosphorique dans un creuset de platine, le sel composé d'acide muriatique sur-oxigéné et de potasse. Il y a également manifestation de combustion et dépôt de chaux, lorsqu'on soumet de la même manière

à un feu violent, de la potasse et du charbon (1), mais Darracq, après avoir examiné avec beaucoup de soin toutes ces expériences, a fait voir, que dans la plupart des cas, on devoit les résultats qu'ils en avoient obtenus, à l'état d'impureté de la potasse qu'ils avoient employée, et dans les autres, aux inductions qu'ils avoient faussement déduites de ressemblances trompeuses (2). Ainsi leur hypothèse ne peut être maintenue.

La potasse est une substance de la plus haute importance, non-seulement en chimie où on l'emploie pour un grand nombre d'objets différens, mais encore dans beaucoup d'arts et de manufactures telles que les buanderies, les blanchisseries, les verreries, les teintures etc. On s'en sert aussi en médecine et en chirurgie.

SECTION II.

De la soude.

[*Noms.*] La soude, appelée aussi *alcali minéral* ou *fossile* (3), parce qu'on la considéroit

(1) Mémoires de l'Institut. III. 322.

(2) Ann. de chim. XL. 171.

(3) Le docteur Pearson a proposé de distinguer cet

comme appartenant particulièrement au règne minéral, étoit connue des anciens, (quoique n'étant pas à l'état de pureté), sous les noms de νίτρον et de *nitrum* (1).

[*Préparation.*] On trouve la soude en grandes quantités, combinée avec l'acide carbonique, dans différentes contrées, et spécialement en Espagne. Le sel commun est un composé de cette substance et d'acide muriatique; mais la soude du commerce se retire des cendres des différentes espèces de la *salsola*, genre de plantes qui croissent sur le rivage des mers, et principalement de la *salsola soda*, d'où cet alcali a tiré son nom. Cette substance est aussi connue dans le commerce sous le nom de *barille*, parce que c'est ainsi que s'appelle la plante cultivée en Espagne dont on l'obtient. Presque toutes les algues, et spécialement les fucus, contiennent aussi une grande quantité de soude. Les cendres de ces plantes sont connues en Angleterre sous le nom de *kelp*; en France on les distingue par celui de *varec*.

Il s'en faut de beaucoup que la soude, ou barille du commerce, soit pure. Elle contient,

---

alcali par le nom de *fossalkali*; Klaproth l'appelle *natron*.

(1) Le λίτρον des Athéniens étoit évidemment la même substance.

outre l'acide carbonique, du muriate de soude, et plusieurs autres substances étrangères; mais on l'obtient dans son plus grand état de pureté par le même procédé indiqué dans la section précédente pour la purification de la potasse.

Il existe entre la soude et la potasse une telle analogie, qu'on avoit confondu ensemble ces deux espèces d'alcalis jusqu'à l'époque où Duhamel publia sa dissertation sur le sel commun dans les mémoires de l'Académie pour 1736. Il prouva le premier que la base du sel marin est la soude, et que cette base diffère de la potasse. Ses conclusions, contre lesquelles Pott s'éleva d'abord, furent à la fin confirmées par Margraf en 1758 (1).

[*Propriétés.*] La soude est de couleur blanche grisâtre, son odeur et sa saveur se rapportent exactement à celles de la potasse. Son action sur les corps des animaux est la même; mais sa pesanteur spécifique n'est que de 1.336 (2).

Les effets de la chaleur sur la soude sont absolument les mêmes que ceux qu'elle produit sur la potasse. Exposée à l'air, elle en absorbe l'humidité et l'acide carbonique, et elle y est promptement réduite en consistance de pâte; mais elle ne s'y liquéfie

(1) *Opusc.* II. 331.

(2) Hassenfratz, Ann. de chim. XXVIII. 11.

pas comme la potasse. Au bout de quelques jours elle se dessèche, et tombe en poussière; la soude a, de même que la potasse, une grande affinité pour l'eau: elle s'y dissout comme elle, et peut s'obtenir cristallisée par l'évaporation de cette dissolution. La lumière n'a point d'action sur la soude; cet alcali ne forme aucune combinaison avec l'oxigène, l'hydrogène, l'azote, le carbone, et le charbon, ni avec les métaux. Elle agit de même que la potasse sur le phosphore et le soufre. Les sulfures, et hydrosulfures de soude, se préparent de la même manière, et ont les mêmes propriétés que les sulfures et hydrosulfures de potasse. La ressemblance de la soude avec cet alcali est encore la même à l'égard de son action sur les métaux, les oxides métalliques, et sous le rapport de ses affinités. Enfin ces deux alcalis fixes, dans leur état de pureté, se rapprochent de très-près, dans presque chacune de leurs propriétés.

On ne connoît point encore les parties composantes de la soude, que Fourcroy suppose être la magnésie et l'azote; cette opinion n'est point confirmée par l'expérience. D'un autre côté Desormes et Morveau (1) assurent que la soude est un composé de magnésie et d'hydrogène; mais l'inexactitude des expériences qu'ils

(1) Mém. de l'Inst. III. 521.

citent à l'appui de cette assertion a été prouvée par Darracq (1).

La soude est d'un emploi aussi important que la potasse. On s'en sert même avec plus d'avantage pour la fabrication du savon et du verre.

CHAPITRE III.

Des terres alcalines.

Le mot TERRE, a dans le langage ordinaire, deux significations. On s'en sert quelquefois pour désigner le *globe* que nous habitons, et dans d'autres circonstances on l'emploie en parlant de l'enveloppe terreuse sur laquelle croissent les végétaux. Les chimistes ont examiné cette terre qui produit la végétation, et ils ont trouvé qu'elle consistoit en un grand nombre de substances différentes mêlées ensemble sans ordre et sans régularité. Elle est cependant, ainsi que les pierres qui paroissent former une si grande portion du globe, composée pour la plus grande partie d'un petit nombre de corps qui ont beaucoup de leurs propriétés communes. Ce sont ces corps que les

(1) Ann. de chim. XL. 171.

chimistes sont convenus de classer ensemble sous la dénomination de *terres*. Elle s'applique à chacun de ceux dans lesquels on reconnoît les propriétés suivantes ; savoir :

[*Propriétés.*] 1°. De n'être pas soluble dans l'eau, de ne l'être que très-peu, ou au moins d'y devenir insoluble par la combinaison avec l'acide carbonique.

2°. De n'avoir que très-peu, ou point de saveur, ou d'odeur, au moins dans l'état de combinaison avec l'acide carbonique.

3°. D'être, dans l'état de pureté, fixe, incombustible, et inaltérable au feu.

4°. De n'être pas d'une pesanteur spécifique qui excède 4.9.

5°. D'être susceptible de prendre, à l'état de pureté, la forme d'une poudre blanche.

6°. De pouvoir être chauffé avec les combustibles sans en éprouver d'altération.

On a divisé les terres en deux classes, savoir : *terres alcalines*, *et terres propres* Les terres de la première classe ont la propriété de verdir les couleurs bleues végétales et de neutraliser les acides. Celles de la seconde classe ne produisent ni l'un ni l'autre de ces effets.

Les terres alcalines sont au nombre de quatre,

savoir: la *chaux*, la *magnésie*, la *barite*, la *strontiane*. L'examen de leurs propriétés fera l'objet des quatre sections suivantes.

SECTION PREMIÈRE.

De la chaux.

La chaux a été connue dans les tems les plus reculés. Les anciens en faisoient usage en médecine. Elle étoit le principal ingrédient de leur mortier, et ils l'employoient comme engrais pour fertiliser leurs champs.

La chaux se trouve en abondance dans presque toutes les parties du monde; ou peut être seroit-il plus convenable de dire qu'il n'en est aucune où elle n'existe. C'est dans les pierres à chaux, les marbres, et les craies, qu'elle est la plus pure; aucune de ces substances cependant n'est, strictement parlant, la chaux, mais elles sont toutes capables de devenir chaux par un procédé bien connu, qui consiste à les tenir pendant quelque tems chauffées au blanc, et qu'on appelle *brûler la chaux*. Le produit de cette opération, qu'on désigne vulgairement par la dénomination de *chaux vive*, est la substance connue en chimie sous le nom de *chaux*.

[*Préparation.*] 1. On peut obtenir la chaux parfaitement pure en brûlant celles des pierres à chaux cristallisées, blanches, et transparentes qu'on appelle *spaths calcaires*, ainsi que quelques marbres blancs purs. On peut également se la procurer à l'état de pureté, en dissolvant dans de l'acide muriatique des écailles d'huîtres, en filtrant la dissolution, en y versant de l'ammoniaque jusqu'à ce qu'il ne s'y fasse plus de précipité sous forme de poudre blanche, et en filtrant de nouveau. On mêle alors la liqueur avec une dissolution de carbonate de soude. La poudre qui se précipite, lavée, séchée et chauffée à un feu violent dans un creuset de platine, est la chaux pure.

[*Propriétés.*] 2. La chaux pure est de couleur blanche, médiocrement dure, mais facilement réductible en poudre. Sa saveur est chaude, brûlante; elle corrode, et détruit à un certain point, le tissu des substances animales auxquelles on l'applique. Sa pesanteur spécifique est de 2.3 (1). Elle verdit les couleurs bleues végétales qu'elle fait à la fin passer au jaune.

Elle est infusible au feu le plus violent qui puisse être produit par nos fourneaux, et même par l'action des plus fortes lentilles.

---

(1) Kirwan, *Minéral.* I. 5.

[*Extinction de la chaux.*] 3. Si l'on verse de l'eau sur de la chaux nouvellement brûlée, elle se gonfle, tombe en morceaux et se réduit promptement en une poudre très-fine. Il se produit, pendant que cet effet a lieu, une chaleur assez considérable pour qu'une portion de l'eau se dégage à l'état de vapeur. Cette chaleur suffit même pour mettre le feu aux combustibles, lorsqu'on opère ainsi sur une grande quantité de chaux. C'est par cette raison que des barques qui en étoient chargées ont quelquefois pris feu. Pelletier a observé (1) que dans ce procédé, qu'on appelle extinction de la chaux, il y avoit non-seulement production de chaleur, mais encore émission de lumière lorsqu'elle se faisoit dans l'obscurité. La chaux éteinte a augmenté de poids par sa combinaison avec une portion de l'eau. On la lui enlève en la chauffant au rouge, et elle redevient alors exactement telle qu'elle étoit avant son extinction (2). C'est à cette combinaison de la chaux avec une portion de l'eau employée à l'éteindre qu'est dû le dégagement de calorique qui a lieu dans cette opération. La portion d'eau qui s'unit à la chaux devient solide et abandonne son calorique de

(1) Jour. de phys. I. 22.

(2) Docteur Black.

fluidité, et probablement aussi une grande quantité de celui qu'elle contient lors même qu'elle est à l'état de glace, car en mêlant ensemble deux parties de chaux et une partie de glace, l'une et l'autre à zéro, il y a combinaison rapide et élévation de la température du mélange à 100°. C'est également à cette cause qu'est due l'augmentation de température que produit l'extinction de la barite et de la strontiane.

L'odeur qui s'exhale lorsqu'on éteint de la chaux, provient de ce qu'une partie de cette terre est enlevée avec l'eau en vapeur, ainsi que semble le prouver évidemment le changement en vert de la couleur bleue des végétaux exposés à cette vapeur.

[*Différence entre la pierre à chaux et la chaux.*] La pierre à chaux et la craie, quoique susceptibles d'être converties en chaux lorsqu'elles sont *brûlées* ou *calcinées*, possèdent à-peine aucune des propriétés de cette substance active; elles sont sans saveur, très-peu solubles dans l'eau, et n'ont point d'activité sensible sur le corps des animaux. A quoi peuvent donc être dues leurs propriétés nouvelles de chaux? Quelle espèce d'altération ont-elles éprouvée par le feu?

On savoit depuis longtems que la pierre à chaux perdoit une grande partie de son poids

par la calcination; il étoit donc naturel de supposer qu'il s'en séparoit par ce moyen quelque chose; en recherchant ce que ce pouvoit être, Vanhelmont, et Macquer, conclurent des expériences qu'ils firent l'un après l'autre à ce sujet, que ce *quelque chose* enlevé à la chaux par la calcination étoit de l'*eau pure*, qu'elle reprenoit ensuite dans l'atmosphère par son exposition à l'air. Cependant comme il étoit difficile d'assigner à une cause de cette nature les propriétés nouvelles de la chaux, on se rangea généralement de l'avis de Stahl, qui les supposoit entièrement dues à une plus grande division de ses molécules par l'action du feu. Boyle s'efforça en effet de prouver qu'elles résultoient de la *fixation du feu* dans la chaux. Newton, et Hales, avoient adopté cette théorie, que Meyer reproduisoit en Allemagne en l'expliquant de manière à attirer l'attention des chimistes les plus distingués, lorsque le docteur Black d'Edimbourg publia en 1756 ces expériences célèbres, qui forment une époque si brillante dans l'histoire de la chimie.

[*Découverte de Black*] Il reconnut le premier, que la quantité d'eau séparée de la pierre à chaux pendant sa calcination, n'est pas à beaucoup près égale au poids qui lui manque, et il en conclut qu'elle avoit nécessairement dû

perdre autre chose. En se rappelant que le docteur Hales avoit prouvé qu'il se dégage une grande quantité *d'air* lors de la dissolution de la pierre à chaux dans les acides, il conjectura que ce dégagement pouvoit bien aussi avoir lieu pendant sa calcination, et pour s'en assurer, il recueillit, au moyen d'un appareil pneumatique, les produits de cette opération. Sa conjecture se trouva pleinement vérifiée; l'air, et l'eau, séparées de la pierre à chaux formoient exactement ensemble le poids qu'elle avoit perdu. Il en conclut que la chaux ne devoit ses propriétés nouvelles qu'à sa séparation d'avec l'air qui s'en étoit dégagé, et que la pierre à chaux n'en différoit qu'en ce qu'elle étoit combinée avec une certaine quantité d'air. Il trouva en effet, qu'en restituant à la chaux cette même quantité *d'air*, elle devenoit pierre à chaux. Cet air existant ainsi dans la chaux, et que par cette raison il appela *air fixé*, ayant été examiné depuis par le docteur Priestley et par d'autres philosophes, ils lui reconnurent des propriétés particulières, et spécialement celles du gaz connu sous le nom de *gaz acide carbonique*. La chaux est donc une substance simple, et la pierre à chaux un composé d'acide carbonique et de chaux. La chaleur en sépare cet acide, et laisse la chaux à l'état de pureté.

5. La chaux exposée à l'air, en attire par degrés l'humidité; elle tombe en poussière, se sature promptement d'acide carbonique, et se change de nouveau en carbonate de chaux, ou en pierre à chaux non calcinée.

[*Action de l'eau*]. L'eau, à la température ordinaire, peut dissoudre environ les 0.002 de son poids de chaux. Cette dissolution s'appelle *eau de chaux*. Elle est limpide, d'une saveur âcre; elle verdit les couleurs bleues végétales, et contient environ deux grammes de chaux par kilogramme. On la fait ordinairement, en mettant de la chaux en poudre dans de l'eau pure, et en l'y laissant séjourner pendant quelque tems dans un vaisseau fermé. On décante ensuite la liqueur transparente qui surnage la chaux non dissoute. Lorsque l'eau de chaux est exposée à l'air, il se forme promptement à sa surface une croûte pierreuse de carbonate de chaux, qui lorsqu'on la brise, tombe au fond du vase et est remplacée à la surface par une croûte nouvelle. C'est ainsi que la chaux, en absorbant successivement l'acide carbonique de l'atmosphère, est promptement précipitée en totalité de sa dissolution dans l'eau.

6. La chaux n'éprouve aucune action de la lumière; elle ne se combine point avec l'oxigène.

[*Action sur les combustibles.*] 7. Le soufre et le phosphore sont les seuls combustibles simples avec lesquels la chaux soit susceptible de s'unir.

On fait le sulfure de chaux en mêlant, et en chauffant ensemble dans un creuset, ces deux substances réduites en poudre. Elles éprouvent un commencement de fusion, et forment une masse rougeâtre qui est le sulfure de chaux. Lorsqu'il est exposé à l'air, ou humecté d'eau, sa couleur devient jaune verdâtre, il se forme de l'hydrogène sulfuré, et le sulfure est converti en un hydrosulfure qui exhale une odeur très-fétide de gaz hydrogène sulfuré. On peut obtenir aussi de l'hydrosulfure de chaux en faisant bouillir un mélange de chaux et de soufre dans environ 10 fois son poids d'eau, ou bien en saupoudrant de la chaux vive avec du soufre, et en l'humectant ensuite. La chaleur produite par l'extinction de la chaux suffit pour opérer la combinaison. Lorsqu'on expose à l'air cet hydrosulfure, il s'imbibe d'oxigène, qui se combine d'abord avec l'hydrogène, et ensuite avec le soufre, et il est converti en sulfate de chaux (1). Si l'on conserve dans un vaisseau fermé une dissolution d'hydrosulfure de chaux, le soufre

(1) Berthollet.

s'en précipite peu-à-peu, et l'hydrogène sulfuré reste en dissolution.

L'hydrosulfure de chaux a la propriété de dissoudre le charbon à l'aide de la chaleur, et de le retenir en dissolution (1). Il agit puissamment sur les métaux et les oxides métalliques.

[*Phosphure.*] On forme de la manière suivante le phosphure de chaux. On met une partie de phosphore dans un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités, et en tenant le tube dans une position horisontale, on y introduit cinq parties de chaux en petits morceaux, de manière qu'elle y reste à environ 54 millim. de distance du phosphore. En plaçant alors le tube dans cette même position sur des charbons embrasés, la chaux peut être chauffée au rouge, tandis que le fond du tube où est le phosphore est encore froid. Lorsque la chaux est devenue rouge, on redresse le tube et on le plonge ainsi verticalement au milieu des charbons allumés, jusqu'à ce que le phosphore y soit à son tour exposé à une chaleur rouge. Dans cet état il se volatilise, et en passant à travers la chaux échauffée, il s'y combine. La masse devient d'une chaleur rouge ardente ; il se dégage pendant la combinaison, une grande quantité

(1) Fourcroy. II. 176.

de gaz hydrogène phosphoré qui s'enflamme à mesure qu'il a le contact de l'air. Ce procédé curieux fut imaginé par le docteur Pearson à qui nous sommes redevables de la découverte des phosphures terreux (1).

Le phosphure de chaux se forme ainsi en une pièce solide qui se moule sur le tube de verre. Il est sans odeur; il se brise en morceaux à l'air. Il est indissoluble dans l'eau, mais il a la propriété de décomposer ce liquide, et il se dégage du gaz hydrogène phosphoré qui s'enflamme dès qu'il arrive à la surface de l'eau.

---

(1) Van Mons a proposé une autre méthode pour former le phosphure de chaux, qui me semble de beaucoup inférieure à celle indiquée par le docteur Pearson. On remplit aux deux tiers un matras de verre de carbonate de chaux réduit en poudre; on le met ensuite sur un bain de sable à une chaleur suffisante pour en chasser l'acide carbonique. Lorsqu'il en est en grande partie dégagé, on introduit dans le matras un tiers de phosphore, en ayant soin de tenir la chaux à une chaleur rouge. Le phosphore fond, mais l'acide carbonique qui se dégage encore de la chaux l'empêche de s'enflammer. Lorsque tout le phosphore a été mis dans le matras, on le ferme avec un bouchon garni d'une soupape qui facilite le dégagement du gaz, et s'oppose à l'entrée de l'air. On laisse immédiatement tomber le feu. Lorsque le phosphore est refroidi, on le met dans des fioles bien sèches, fermées avec des bouchons de terre. Jour. de chim. III. 75.

Une portion de ce même gaz se combine avec le phosphure de chaux, et forme une espèce d'hydrophosphure. De là il arrive que le phosphure de chaux, retiré de l'eau et desséché, produit de la flamme lorsqu'on y verse de l'acide muriatique qui en dégage du gaz hydrogène phosphoré (1).

[*Action sur les incombustibles simples.*] 8. La chaux n'a aucune attraction pour l'azote. Il n'en est pas de même de l'acide muriatique avec lequel elle s'unit facilement et forme le muriate de chaux.

[*Action sur les métaux.*] 9. La chaux facilite l'oxidation de plusieurs métaux. Elle se combine avec plusieurs des oxides métalliques et forme ainsi des sels qui n'ont pas encore été examinés, si l'on en excepte ceux que produit son union avec les oxides de mercure, et de plomb, qui ont été décrits par Berthollet.

[*Sur leurs oxides.*] En faisant bouillir de l'oxide rouge de mercure avec de l'eau de chaux, il s'en dissout une partie, et cette dissolution donne par l'évaporation de petits cristaux jaunes transparens (2). Quelques chimistes ont donné à ce composé le nom de *mercuriate de chaux*.

---

(1) Fourcroy. II. 172.

(2) Berthollet, Ann. de chim. I. 61.

L'eau de chaux dissout aussi l'oxide rouge de plomb, et mieux encore l'oxide demi-vitreux ou litarge. En faisant évaporer cette dissolution dans une cornue, elle donne de très-petits cristaux transparens, avec les couleurs prismatiques, et aussi peu solubles dans l'eau que la chaux elle-même. Ces cristaux sont décomposés par tous les sulfates alcalins, ainsi que par l'hydrogène sulfuré. Les acides, sulfurique, et muriatique, en précipitent le plomb. Ce composé noircit la laine, les ongles, les cheveux, et le blanc d'œuf; mais il n'affecte point la couleur de la soie, du jaune d'œuf, et de l'huile animale. C'est le plomb qui est précipité à l'état d'oxide sur ces substances qu'il colore, car tous les acides peuvent le dissoudre. Le simple mélange de l'oxide de plomb avec la chaux noircit les substances qui viennent d'être indiquées, ce qui prouve avec quelle facilité la combinaison a lieu (1).

10. La chaux ne se combine point avec les alcalis.

[*Du mortier.*] 11. Un des usages les plus importans de la chaux est celui qu'on en fait pour la composition du *mortier* qu'on emploie comme ciment dans la bâtisse. En réduisant à

(1) Berthollet, Ann. de chim. I. 52.

l'état de pâte avec de l'eau, un mélange de chaux et de sable, ce composé se durcit en se séchant, et adhère si fortement aux surfaces des pierres entre lesquelles il doit servir de liaison, que la totalité d'un mur ne semble être en effet formée que d'une seule pierre; mais cet effet n'est que très-imparfaitement produit si le mortier n'est pas bien préparé.

La chaux doit être pure, entièrement dépouillée d'acide carbonique, et en poudre très-fine. Il faut que le sable soit bien net, en partie à l'état de sable fin, en partie à l'état de gravier : enfin, c'est avec de l'eau pure, et mieux encore, avec cette eau préalablement saturée de chaux, qu'il faut faire le mélange. Les proportions de chaux et de sable les plus convenables sont, d'après les expériences de Higgins, 5 parties de sable fin, 4 parties de sable plus gros, une partie de chaux vive nouvellement éteinte, et tout aussi peu d'eau que possible.

La consistance pierreuse qu'acquiert le mortier, est due en partie à ce qu'il absorbe de l'acide carbonique, mais elle provient principalement, de la combinaison d'une partie de l'eau avec la chaux. C'est à raison de cette dernière circonstance, qu'en ajoutant au mortier ordinaire les 0.25 de chaux vive en poudre, il prend en séchant une beaucoup plus grande solidité. Ce

moyen proposé d'abord par Loriot (1), ayant été ensuite examiné par Morveau (2), ce savant trouva par un grand nombre d'expériences, que les proportions les plus convenables pour en obtenir l'effet le plus avantageux, étoient les suivantes.

Sable fin.....	0.3
Ciment de briques bien cuites..	0.3
Chaux éteinte.....	0.2
Chaux non éteinte.....	0.2
	1.0

On peut donner les mêmes qualités au mortier, ainsi que le fit observer La Faye (3), en employant la moindre quantité d'eau possible pour l'extinction de la chaux.

Higgins trouva, qu'en ajoutant au mortier des os calcinés, mais dans une proportion qui n'excède jamais les 0.25 de la chaux employée, on lui donnoit de la ténacité, en le rendant en même tems moins susceptible de se fendre par le desséchement.

Avec un peu de magnésie, le mortier acquiert la propriété importante de se durcir sous l'eau,

(1) Journ. de phys. III. 251.
(2) *Ibid.* VI. 311.
(3) *Ibid.* IX. 437.

de manière qu'on peut l'employer ainsi avec avantage pour la construction d'édifices exposés continuellement à l'action de l'eau. La pierre à chaux se trouve fréquemment à l'état de combinaison avec le manganèse ; et dans ce cas, au lieu de devenir blanche par la calcination, cette opération la rend brune. On emploie ces espèces de pierres à chaux natives pour la préparation du *mortier d'eau* ; mais on peut le faire d'une aussi bonne qualité de la manière suivante proposée par Morveau : mêlez ensemble 4 parties d'argile grise, 6 parties d'oxide noir de manganèse, et 90 parties de pierres à chaux réduites en poudre; faites calciner ce mélange pour en chasser l'acide carbonique ; et en y ajoutant 60 parties de sable, formez-en un mortier avec une suffisante quantité d'eau (1).

Le mortier qui résiste le mieux et le plus longtems au mouvement des eaux, est celui fait avec un mélange de chaux et de pouzzolane, sable volcanique qu'on tire d'Italie. Morveau nous apprend qu'on peut substituer à la pouzzolane *le basalte*, qui est très-commun en Angleterre. Avant de l'employer, on le chauffe dans un four à réverbère, puis on le jette rouge

(1) Ann. de chim. XXXVI.I 259.

dans l'eau ; on le pulvérise ensuite et on le passe au crible, pour le réduire à une grosseur convenable (1).

(Note du traducteur.)

Il paroît qu'on n'avoit point encore obtenu jusqu'à présent la chaux cristallisée, ou au moins en cristaux assez prononcés pour qu'il fût possible d'en reconnoître et d'en déterminer la figure. Nous y sommes tout récemment parvenus, M. Chompré et moi, dans une suite d'expériences sur la décomposition des sels, par le moyen de la pile de Volta, que nous avons entreprises comme membres de la Société galvanique. Dans l'une de ces expériences, qui avoit pour objet la séparation de la chaux du muriate de chaux, et son transport d'un tube de verre qui contenoit une dissolution de ce sel placé au pôle positif de la pile, dans un autre tube de verre au pôle négatif, et rempli d'eau distillée (les deux tubes communiquant ensemble par un syphon de verre plein d'eau distillée), nous reconnûmes, au bout de huit ou dix jours d'activité de la pile, que les parois intérieures

---

(1) Ann. de chim. XXXVII. 261.

de l'extrémité de la branche de ce syphon qui plongeoit dans le tube d'eau distillée au pôle négatif, ainsi que le fil de platine inséré dans ce tube, étoient recouverts d'une espèce d'incrustation cristalline. M. Vauquelin, que j'avois invité à venir examiner avec nous les résultats de cette expérience, s'assura que cette incrustation étoit formée de petits cristaux de chaux pure; mais comme nous n'avions pas de loupes assez fortes, nous ne pûmes pas en distinguer bien exactement la forme.

Cependant, sur les rapports que nous fîmes de nos expériences à la classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut, les 16 mars et 20 avril 1807, il fut nommé une commission composée de MM. Berthollet, Vauquelin et Gay-Lussac, chargée de les répéter.

L'expérience relative à la séparation de la chaux du muriate de chaux, et à son transport du pôle positif au pôle négatif, fut faite d'après notre procédé, par M. Gay-Lussac, à l'Ecole Impériale Polytechnique. Les résultats en furent examinés par les trois commissaires, en notre présence. On obtint, comme nous, l'incrustation cristalline; mais les cristaux de chaux pure avoient assez de grosseur pour qu'en les regardant à la loupe on en pût

reconnoître facilement la forme, et on trouva qu'elle étoit celle de *prismes hexaèdres réguliers*. Ces cristaux étoient parfaitement transparens.

SECTION II.

De la magnésie.

[*Histoire.*] Ce fut vers le commencement du dix-huitième siècle, qu'un chanoine romain exposa en vente, à Rome, une poudre blanche à laquelle il donnoit le nom de *magnesia alba*, et qu'il annonçoit comme médicament propre à la guérison de toutes les maladies. Il tenoit dans un grand secret la préparation de cette poudre, lorsque Valentin publia, en 1707, qu'on pouvoit l'obtenir en calcinant la lessive qui reste après la préparation du nitrate de potasse (1). Slevogt trouva, deux ans après, le moyen de la précipiter par la potasse de l'eau mère (2) du

(1) *De magnesiâ albâ.*

(2) L'*eau mère* est le liquide qui reste après avoir obtenu tout ce qu'on peut en retirer d'un sel quelconque. Lorsqu'on fait évaporer de l'eau de mer, par exemple, après en avoir retiré, par la cristallisation, autant de muriate de soude que la quantité d'eau évaporée pouvoit en

nitrate de potasse (1). On supposoit généralement que cette poudre étoit de *la chaux*, lorsque Frédéric Hoffman observa qu'elle formoit des combinaisons très-différentes avec d'autres corps (2). Mais on ne connoissoit que très-peu de choses sur la nature de cette substance, la plupart des chimistes la confondoient même encore avec la chaux, lorsque le docteur Black fit connoître, en 1755, que c'étoit une terre particulière. Margraf publia, en 1759, une dissertation sur ce sujet (3), que Bergman traita, en 1775, dans un mémoire, où il recueillit les observations de ces deux savans, en y ajoutant beaucoup aussi des siennes propres (4). Enfin Butini de Genève donna également, en 1779, une dissertation importante sur cette base terreuse.

[*Préparation.*] 1. La magnésie n'ayant point encore été trouvée dans la nature à l'état de pureté, on la retire ordinairement du *sulfate de magnésie*, sel composé de cette terre et d'a-

---

produire, il reste encore une portion de liquide, et c'est cette portion qu'on appelle *eau mère*.

(1) *Diss. de magnesiâ albâ.*

(2) *Obs. phys. chim.* 1722, p. 105 et 177.

(3) *Opusc.* II 20.

(4) *Ibid.* p. 365.

cide sulfurique, qui existe en abondance dans les eaux de beaucoup de sources. L'eau de la fontaine des environs d'Epsom en est particulièrement chargée, ce qui a fait donner autrefois à ce sel le nom de *sel d'Epsom*. En ajoutant à une dissolution de ce sel dans l'eau, la moitié de son poids de potasse, la magnésie en est immédiatement précipitée à raison de l'affinité plus forte de l'acide sulfurique pour la potasse. On la lave alors dans une suffisante quantité d'eau et on la fait sécher.

[*Propriétés.*] 2. La magnésie ainsi obtenue est une poudre blanche, très-douce, inodore, et sans saveur bien sensible. Sa pesanteur spécifique est d'environ 2.3 (1). Elle verdit les couleurs bleues végétales les plus délicates, telles, par exemple, que celle des pétales de mauve.

La magnésie ne se fond point par la chaleur la plus forte, mais M. Darcet a observé, qu'à une très-haute température, elle devenoit en quelque sorte agglutinée. Lorsqu'on la forme en tablettes, en la pétrissant avec de l'eau, et qu'on l'expose ainsi à un feu violent, l'eau en est chassée par degrés, et la magnésie se contracte dans ses dimensions; elle acquiert en même tems, suivant M. Tingry, la propriété de luire

(1) Kirwan's, *Mineral.* I. 8.

dans l'obscurité lorsqu'on la frotte sur une plaque de fer chaude.

[*Action sur l'eau.*] 3. La magnésie est presqu'insoluble dans l'eau, car elle en exige pour sa dissolution, d'après Kirwan, 7900 fois son poids, à la température de 15°.55 centigr.

Elle est cependant susceptible de se combiner avec l'eau dans un état solide, ainsi que le fait la chaux; car 100 grammes de magnésie, après avoir été jetés dans l'eau et séchés, en pèsent 118 (1). Et même dans son état de combinaison avec l'acide carbonique, qui a pour elle une affinité très-forte, elle peut absorber et retenir une fois et demie son poids d'eau sans qu'il s'en écoule une seule goutte; mais par son exposition à l'air cette eau s'évapore, quoique plus lentement que cela n'auroit lieu avec la chaux.

On n'a point encore obtenu la magnésie cristallisée. Lorsqu'on l'expose à l'air elle en absorbe, mais très-insensiblement, l'acide carbonique, et l'humidité. Butini en laissa pendant deux ans dans une capsule de porcelaine recouverte seulement d'une feuille de papier, elle n'avoit augmenté en poids que de 0.007.

[*Oxigène.*] 4. On ne remarque aucune action entre l'oxigène et la magnésie; elle n'est

(1) Bergman. I. 371.

pas non plus altérée par aucun des composés dans lesquels entre l'oxigène.

[*Sur les combustibles simples.*] 5. De toutes les substances combustibles simples, le soufre est la seule avec laquelle la magnésie soit susceptible de s'unir. On n'est point encore parvenu à former le phosphure de magnésie; à cet égard cette terre diffère des trois autres terres alcalines.

On obtient le sulfure de magnésie, en chauffant doucement dans un creuset un mélange de deux parties de magnésie et d'une partie de soufre. On a alors une poudre jaune légèrement agglutinée dont s'exhale, dès qu'on la jette dans l'eau, un peu de gaz hydrogène sulfuré. Une chaleur médiocre suffit pour en séparer le soufre (1).

[*Sur les incombustibles simples.*] 6. Il n'y a aucune attraction entre la magnésie et l'azote; mais cette terre s'unit avec l'acide muriatique, et forme ainsi un composé connu sous le nom de *muriate de magnésie.*

[*Métaux.*] 7. La magnésie n'agit point sur les métaux; elle ne se combine point non plus, autant qu'on a pu s'en assurer jusqu'à présent, avec les oxides métalliques, à moins qu'il n'y ait quelque substance intermédiaire présente.

---

(1) Fourcroy. II. 165.

[*Alcalis.*] 8. La magnésie ne se combine point avec les alcalis fixes dont elle n'éprouve aucune altération dans ses propriétés ; mais elle a une grande tendance à entrer dans la formation de composés triples avec l'ammoniaque.

9. Kirwan a fait voir qu'il y a peu d'affinité entre la magnésie et la strontiane. Ces terres, mêlées ensemble, ne fondent point à un feu violent, au moins, lorsque la strontiane excède ou égale en quantité la magnésie (1).

Lavoisier exposa à un feu très-violent un mélange, à parties égales, de chaux et de magnésie qui se ne fondit point. Il en fut de même d'un mélange semblable, soumis par M. Kirwan à une température de 150°. de Wedgewood. Ce chimiste a présenté dans la table suivante, d'après ses propres expériences, l'effet de la chaleur sur ces deux terres mêlées ensemble en différentes proportions.

---

(1) Irish. Trans. p. 246 et 247.

PROPORTIONS.	CHALEUR.	EFFET.
80. Chaux. 20. Magnésie.	Wedgewood. 150°	Le mélange passa à travers le creuset.
75. Chaux. 25. Magnésie.	160 *Id.*	Passa à travers le creuset.
66. Chaux. 33. Magnésie.		Passa à travers le creuset.
20. Chaux. 80. Magnésie.	165 *Id.*	Ne fondit point.
33. Chaux. 66. Magnésie.	138 *Id.*	Ne fondit point.
30. Chaux. 10. Magnésie.	156 *Id.*	Fondit en un beau verre jaune verdâtre, mais le creuset étoit corrodé de toutes parts.

La magnésie n'est d'usage qu'en médecine. On l'administre intérieurement pour détruire l'acidité dans l'estomac.

SECTION III.

De la barite.

[*Histoire.*] C'est à Schéele qu'est due la découverte de cette terre dont il exposa le premier les propriétés dans sa Dissertation sur le manganèse, qu'il publia en 1774 (1). Il existe un minéral très-pesant, le plus ordinairement de couleur de chair, d'un tissu folié et cassant, très-commun en Angleterre et dans la plupart des autres pays, spécialement dans les mines de cuivre. On le connoissoit sous le nom de *spath pesant* qu'on supposoit être un composé d'acide sulfurique et de chaux ; mais Gahn ayant analysé ce minéral en 1775, il reconnut que c'étoit une combinaison de l'acide sulfurique avec la nouvelle terre découverte l'année d'auparavant par Schéele (2), qui proposa une méthode pour l'en obtenir (3).

(1) Schéele. I. 61 et 78, traduct. française.
(2) Bergman, *Notes on Scheffer.* V. 167.
(3) Crell, *Annal.* III. 3. Engl. Trans.

Les expériences de ces chimistes furent confirmées par Bergman (1), qui appela cette terre *terre pesante*. Morveau lui donna le nom de *barote*, et Kirwan celui de *barite* (2), qu'adopta Bergman (3), et par lequel elle est aujourd'hui généralement désignée. Schéele, Bergman, Wiegleb et Afswelius, indiquèrent différens moyens de se la procurer, mais on avoit encore peu ajouté aux premières connoissances que Schéele avoit données de ses propriétés, lorsqu'en 1793 le docteur Hope publia ses expériences sur cette terre (4). C'est à ses travaux, et depuis à ceux de Pelletier, Fourcroy et Vauquelin (5), en 1797, qu'on doit toute l'étendue des notions exactes qu'on a aujourd'hui sur la barite.

[*Préparation.*] 1. On peut obtenir la barite du spath pesant, ou *sulfate de barite*, ainsi qu'on l'appelle aujourd'hui, de la manière suivante, qui est celle indiquée par Schéele, et Vauquelin. On mêle le minéral réduit en poudre fine, avec le huitième de son poids de poussière de

(1) *Opusc.* III. 291.
(2) De βαρυς, pesant.
(3) *Opusc.* IV. 261.
(4) Edim. Trans. IV. 36.
(5) Ann. de chim. XXI. 113 et 276.

charbon. En tenant ce mélange, pendant quelques heures, chauffé au rouge dans un creuset, il se convertit en un sulfure de barite qu'on dissout dans l'eau, et dont on précipite le soufre par l'acide nitrique. On filtre alors la dissolution qui contient l'acide nitrique combiné avec la barite, et on l'évapore lentement jusqu'à ce qu'elle cristallise. On chauffe fortement les cristaux dans un creuset, l'acide nitrique en est dégagé, et la barite reste à l'état de pureté(1). Le docteur Hope avoit proposé longtems auparavant un autre procédé moins dispendieux, qui fut depuis perfectionné par Pelletier. Il consiste à décomposer le sulfate de barite en le chauffant fortement avec de la poussière de charbon, et à dissoudre dans l'eau le produit soluble. En ajoutant ensuite au liquide filtré une dissolution de carbonate de soude, il se précipite une poudre blanche, dont, après l'avoir lavée avec soin, on forme avec du charbon des boules qu'on expose à une très-grande chaleur dans un creuset. En traitant ces boules à l'eau bouillante, il s'y dissout une portion de barite qui cristallise par le refroidissement de la liqueur.

---

(1) Lorsqu'elle a été ainsi préparée, elle contient toujours environ 0.08 de carbonate de barite, et quelquefois beaucoup plus.

[*Propriétés.*] 2. La barite obtenue par la première méthode est une substance poreuse, d'un blanc grisâtre, très-facilement réductible en poudre. Sa saveur est plus piquante et plus caustique que celle de la chaux. Prise à l'intérieur, elle agit comme le plus violent poison sur l'estomac. Elle n'a pas d'odeur sensible; elle verdit les couleurs bleues végétales, elle détruit et décompose les substances animales comme le font les alcalis fixes, mais avec moins d'énergie. Sa pesanteur spécifique évaluée par Fourcroy à 4 (1), n'est que de 2.374 (2) seulement, suivant Hassenfratz; mais on a lieu de conclure de la méthode dont il s'est servi pour la détermination des pesanteurs spécifiques, qu'il les a toutes fixées à des termes trop bas.

La barite se durcit au feu, et acquiert intérieurement une nuance verte bleuâtre. Chauffée au chalumeau sur un charbon, elle se fond, bouillonne, et roule en globules qui le pénètrent promptement (3). Cet effet est probablement dû à l'eau contenue dans la barite, car Lavoisier a trouvé qu'elle n'étoit point affectée par la chaleur la plus forte qu'il lui fut possible de produire.

---

(1) Fourcroy. II. 189.

(2) Ann. de chim. XXVIII. 11.

(3) Fourcroy et Vauquelin, Ann. de chim. XXI. 276.

Exposée à l'air, la barite en attire très-promptement l'humidité, elle se gonfle avec dégagement de calorique, tombe en poussière blanche, et présente précisément les mêmes phénomènes que la chaux vive qu'on humecte d'eau (1). La barite ainsi *éteinte*, attire par degrés l'acide carbonique, elle perd son âcreté, et augmente en poids des 0.22 (2). On ne peut donc la conserver à l'état de pureté que dans des vaisseaux fermés.

[*Action sur l'eau.*] 3. En jetant un peu d'eau sur de la barite, on en opère l'extinction d'une manière analogue à celle de la chaux vive, mais elle a lieu plus rapidement, et avec dégagement d'une plus grande quantité de calorique. La masse devient blanche et considérablement gonflée. Si l'on ajoute assez d'eau pour que la barite soit complètement délayée, elle se cristallise en refroidissant, et prend, sous la forme de cristaux en aiguilles, l'apparence d'une pierre; mais exposée à l'air, elle en attire peu-à-peu l'acide carbonique, et finit par tomber en poussière (3).

L'eau peut dissoudre à froid les 0.05 de son poids de barite. Cette dissolution, connue sous le nom *d'eau de barite*, est limpide, sans cou-

(1) Fourcroy. II. 59.
(2) Mém. de l'Inst. II. 59.
(3) Fourcroy. II. 193.

leur, et d'une saveur âcre; elle verdit d'abord les couleurs bleues végétales qu'elle détruit ensuite. Exposée à l'air, sa surface s'y recouvre promptement d'une croûte pierreuse formée par la combinaison de l'acide carbonique de l'atmosphère avec la barite.

L'eau bouillante dissout plus des 0.5o de son poids de barite; à mesure que cette dissolution refroidit, la barite s'y dépose en cristaux, dont la figure et les dimensions varient, en raison de ce qu'ils se sont plus où moins promptement formés. Ceux qui l'ont été le plus régulièrement, offrent de larges prismes hexagones terminés à chaque extrémité par une pyramide tétraèdre, qui, dans quelques cas, constitue la partie la plus considérable du cristal. Ces prismes sont larges et distincts lorsque la cristallisation s'est opérée lentement; mais si la dissolution de barite est saturée, ils se déposent rapidement, et alors ils sont généralement plus déliés et plus petits; ils sont alors aussi attachés les uns aux autres de manière à présenter une belle apparence foliée semblable à celle d'une feuille de fougère(1).

Ces cristaux sont transparens et sans couleur; ils semblent être composés de 53 parties d'eau et de 47 de barite. Ils éprouvent à la chaleur de

(1) Hope, Edim. Trans. IV. 36.

l'eau bouillante une *fusion aqueuse*, c'est-à-dire, que l'eau qu'ils contiennent devient capable de tenir la barite en dissolution; une chaleur plus forte en dégage l'eau. Lorsqu'ils sont exposés à l'air, ils en absorbent l'acide carbonique et s'y réduisent en poussière. Ils sont solubles dans 17.5 parties d'eau, à la température de 15°.55 centig., et dans l'eau bouillante en toute proportion, puisqu'à cette température, leur propre eau de cristallisation suffit pour les tenir en dissolution (1).

[*Action sur l'oxigène.*] 4. La barite n'est point altérée par la lumière, et on ne lui a reconnu jusqu'à présent aucune disposition à se combiner avec l'oxigène.

[*Action sur les corps combustibles simples.*] 5. De tous les corps combustibles simples, il n'y en a que deux, le soufre et le phosphore, sur lesquels la barite soit susceptible d'agir.

En chauffant dans un creuset un mélange de barite et de soufre, dès que ces matières sont rouges, elles se fondent, et forment en se refroidissant, une masse d'un jaune rougeâtre, inodore, qui est un *sulfure de barite*. L'eau est très-rapidement décomposée par ce sulfure, il se forme de l'hydrogène sulfuré, qui en se combi-

(1) Hope, Edim. Trans. IV. 36.

nant avec le sulfure, le convertit en un hydrosulfure. Ce changement a lieu toutes les fois que le sulfure de barite est humecté d'eau, ou même exposé à l'air. Lorsqu'on verse de l'eau bouillante sur du sulfure de barite, il se produit presqu'instantanément une grande quantité d'hydrogène sulfuré qui se combine avec l'eau, et facilite la dissolution du sulfure. Cette dissolution donne en abondance, en se refroidissant, des cristaux blancs, brillans, sous forme d'aiguilles ou de prismes à 6 pans. Ces cristaux sont composés d'hydrogène sulfuré et de barite, et c'est de Berthollet, à qui nous sommes redevables du premier examen exact qui en ait été fait, qu'ils ont reçu le nom *d'hydrosulfure de barite*. Le liquide qui a déposé l'hydrosulfure, est de couleur jaune, et tient en dissolution du *sulfure hydrogéné de barite* (1).

[*Phosphure.*] Si l'on fait chauffer de la barite avec du phosphore dans un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités et placé au milieu de charbons allumés, la combinaison de ces deux substances se fait très-rapidement. Elle produit un phosphure de couleur brune foncée, très-brillant, et très-fusible. Il exhale, lorsqu'on l'humecte, une odeur de gaz hydrogène phosphoré.

(1) Berthollet, Ann. de chim. XXV, 233.

Jeté dans l'eau, il s'y décompose par degrés ; il donne du gaz hydrogène phosphoré qui s'allume à la surface de l'eau, et le phosphore est converti par degrés en acide phosphorique (1).

[*Action sur les corps incombustibles simples.*] 6. Il n'y a aucune action entre la barite et l'azote, mais cette terre se combine aisément avec l'acide muriatique, et cette combinaison forme le *muriate de barite*.

7. La barite n'a aucune action sur les métaux ; mais elle est susceptible de s'unir à plusieurs des oxides métalliques avec lesquels elle forme des composés qui n'ont pas encore été examinés avec beaucoup d'attention. Elle précipite, par exemple, la dissolution d'argent, ou de plomb, dans l'acide nitrique, la première en brun, et la seconde en blanc; mais si on ajoute à ces dissolutions de l'eau de barite en excès, elle redissout les précipités (2).

[*Action sur les alcalis.*] 8. La barite n'entre point en combinaison avec les alcalis. Elle a d'ailleurs avec ces substances un si grand nombre de propriétés communes, qu'on ne peut guère se tromper en considérant sa composition, qui nous est encore inconnue, comme analogue à celle de ces corps.

---

(1) Fourcroy. II. 191.

(2) Fourcroy et Vauquelin, Mém. de l'Inst. II. 61.

9. Il paroît, d'après un grand nombre d'expériences que fit Bucholz sur l'action que pouvoit exercer la barite à l'égard des autres terres, que la chaux ne s'y unit point. En chauffant dans un creuset des quantités égales de ces deux terres, on obtient une masse qui a quelque cohérence, mais qui est soluble dans l'eau (1). Il en est à-peu-près de même lorsqu'on chauffe un mélange de barite et de magnésie; en traitant avec l'eau, la masse qui en résulte, la barite est dissoute, mais elle retient plus de magnésie (2).

SECTION IV.

De la strontiane.

[*Histoire.*] Ce fut vers l'année 1787, qu'un marchand de minéraux apporta à Edimbourg un fossile provenant de la mine de plomb de Strontian dans l'Argyleshire, et qu'on trouve enveloppé dans la mine, en état de mélange avec plusieurs autres substances. Ce minéral est quelquefois transparent et sans couleur, mais le plus ordinairement il a une teinte de jaune ou

(1) Bucholz's, *Beitrage*. III. 59. Il paroît n'avoir pas employé la chaux pure, mais un sous-muriate.

(2) *Ibid.* p. 56.

de vert. Sa dureté est 5, et sa pesanteur spécifique varie de 3.4 à 3.726. Son tissu est généralement fibreux. On le rencontre quelquefois cristallisé en colonnes prismatiques très-déliées, de différentes longueurs (1).

Ce minéral fut d'abord généralement confondu avec le carbonate de barite, mais le docteur Crawfort ayant remarqué quelques différences entre sa dissolution, et celle de la barite, dans l'acide muriatique, il annonça dans son Traité sur le muriate de barite, publié en 1790, qu'il lui paroissoit probable que c'étoit une terre nouvelle, et il en envoya un échantillon à M. Kirwan pour en examiner les propriétés. Le docteur Hope rendit compte en 1792 à la société d'Edimbourg d'une suite d'expériences qu'il avoit faites l'année précédente sur ce minéral, et dont le détail fut inséré dans les Transactions au commencement de 1794. Le docteur Hope s'étoit assuré par ces expériences, que le minéral étoit composé d'acide carbonique, et d'une terre particulière dont il décrivoit les propriétés, et à laquelle il avoit donné le nom de *strontite*. Klaproth tira les mêmes conclusions que le docteur Hope, dont il ne connoissoit pas encore les expériences, d'une analyse qu'il avoit égale-

(1) Hope, Edim. Trans. 44.

ment faite de ce minéral en 1793, et qu'il publia dans les *annales* de Crell, pour 1793 (1) et 1794. (2). Il paroît aussi, par sa lettre à Crell, que Kirwan avoit découvert, dès 1793, les propriétés les plus importantes de cette terre nouvelle, quoique sa Dissertation à ce sujet, dont il avoit donné lecture à l'académie d'Irlande en 1794, n'ait été rendue publique qu'en 1795.

Les expériences de ces chimistes furent répétées et confirmées en 1797 (3), par Pelletier, Fourcroy et Vauquelin, qui portèrent encore beaucoup plus loin l'examen de plusieurs des propriétés de cette terre, à laquelle on a généralement conservé la dénomination de *strontiane*, par laquelle l'avoit désignée Klaproth, du nom du lieu où elle avoit été trouvée pour la première fois.

La strontiane existe en abondance dans différens pays; mais elle s'y rencontre toujours à l'état de combinaison avec les acides carbonique, ou sulfurique.

[*Préparation.*] 1. On peut dégager l'acide carbonique du carbonate de strontiane, et obtenir

(1) Vol. II, p. 189.

(2) Vol. I, p. 99. *Voyez* aussi Klaproth's, *Beitrage.* I. 260; et le Jour. des min. n°. 5, p. 61.

(3) Ann de chim. XXI. 113 et 276.

cette terre dans son état de pureté, en en exposant à une chaleur de 140°. de Wedgewood (1) un mélange avec de la poussière de charbon. On y parvient encore, en dissolvant le carbonate de strontiane dans l'acide nitrique, en faisant cristalliser cette dissolution, et en chauffant au rouge dans un creuset les cristaux jusqu'à ce que l'acide nitrique en soit chassé. On sépare la strontiane de sa combinaison avec l'acide sulfurique, de la même manière que la barite, en employant le procédé décrit dans la précédente section.

[*Propriétés.*] 2. La strontiane ainsi obtenue, est en masses poreuses, d'une couleur blanche grisâtre. Sa saveur est âcre et alcaline. Elle verdit les couleurs bleues végétales. Sa pesanteur spécifique est, suivant Hassenfratz, de 1.647 (2), son action sur les substances animales n'est pas aussi énergique que celle de la barite dont elle n'a point les propriétés délétères (3).

La strontiane ne se fond pas au feu comme la barite : traitée au chalumeau, elle se pénètre de lumière, et est entourée d'une flamme si

(1) Kirwan.
(2) Ann. de chim. XXVIII. 11.
(3) Pelletier. *Ibid.* XXI. 120.

blanche, si brillante que les yeux peuvent à peine en supporter l'éclat (1).

[*Action sur l'eau.*] 3. Lorsqu'on jette de l'eau sur la strontiane, elle s'échauffe, se gonfle, s'éteint, et tombe en poussière comme la barite, mais elle est moins soluble dans l'eau que cette terre. Elle en exige plus de 162 parties à la température de 15°.55 centig. La dissolution, connue sous le nom *d'eau de strontiane*, est claire et transparente; elle verdit les couleurs bleues végétales. La strontiane se dissout en beaucoup plus grande proportion dans l'eau chaude qui l'abandonne, sous la forme de cristaux transparens et sans couleur, par le refroidissement. Ces cristaux sont des lames minces quadrangulaires, le plus ordinairement des parallélogrammes, dont le plus grand excède à peine 6 millimètres de longueur. Quelquefois leurs bords sont unis, mais ils consistent plus souvent en deux facettes qui forment, en se rencontrant, un angle en chevron brisé. Ces cristaux adhèrent généralement les uns aux autres de manière à former des espèces de tables minces, de 27 à 30 millimètres de long sur 12 à 15 de large. Quelquefois aussi ils affectent la forme cubique; ces cristaux contiennent environ 0.68 d'eau. Ils sont

(1) Fourcroy. II. 227.

solubles dans 51.4 parties d'eau à la température de 15°.55 centigr. et à-peu-près dans le double de leur poids d'eau bouillante. Ils perdent à l'air leur eau de cristallisation; ils en attirent l'acide carbonique et y tombent en poussière (1). Leur pesanteur spécifique est de 1.46 (2).

[*Sur l'oxigène.*] 4. La lumière n'a point d'action sur la strontiane, et cette terre n'en exerce non plus aucune sur l'oxigène.

[*Sur les combustibles simples.*] 5. Le soufre et le phosphore sont les seuls corps combustibles simples avec lesquels elle soit susceptible de former quelqu'union.

Sulfure. On fait le sulfure de strontiane en fondant ensemble les deux substances dans un creuset. Ce sulfure se dissout dans l'eau avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré. En évaporant la dissolution, on obtient de *l'hydrosulfure de strontiane* en cristaux, et *le sulfure hydrogéné* reste en dissolution. Ces trois composés ressemblent tellement aux sulfure, hydrosulfure, et sulfure hydrogéné de barite, qu'on peut se dispenser d'en donner une description particulière.

[*Phosphure.*] Il en est de même du phos-

(1) Hope, Edim. Trans. IV. 44.

(2) Hassenfratz, Ann. de chim. XXVIII. 11.

phure de strontiane qu'on peut préparer de la même manière que celui de barite (1).

[*Action sur les incombustibles, les métaux et les alcalis.*] 6. La strontiane n'a aucune attraction pour l'azote, mais elle s'unit très-promptement à l'acide muriatique avec lequel elle forme le composé qu'on appelle *muriate de strontiane*.

7. La strontiane n'agit point sur les métaux, mais elle forme, avec plusieurs de leurs oxides, des combinaisons qui n'ont pas été jusqu'à présent examinées avec beaucoup d'attention.

8. La strontiane ne se combine ni avec les alcalis, ni avec la barite. En mêlant ensemble de l'eau de strontiane et de l'eau de barite, il ne se forme point de précipité (2).

[*Teint la flamme en rouge.*] 9. La strontiane a la propriété que lui découvrit le docteur Ash, en 1787, de donner à la flamme une belle couleur rouge, ou plutôt pourpre. On en fait l'expérience en mettant un peu du sel composé d'acide nitrique et de strontiane dans la mèche d'une bougie allumée (3), ou en brûlant de l'alcool qui tient du muriate de strontiane en dissolution. Dans l'un et l'autre cas, la flamme

(1) Vauquelin, Jour. des mines, an VI, p. 17.
(2) Morveau, Ann. de chim. XXXI. 251.
(3) Vauquelin, Jour. des mines, an VI, p. 10.

prend une couleur purpurine très-vive, et à cet égard la strontiane diffère de la barite, qui, employée de la même manière, donne à la flamme une teinte d'un jaune bleuâtre (1).

La barite et la strontiane ont, dans leurs propriétés, un rapport aussi intime que celui qui existe entre la potasse et la soude; c'est par cette raison qu'on les confondit ensemble pendant quelque tems, ainsi qu'on l'avoit fait des deux premières substances. C'est dans leur combinaison avec les acides que les différences qu'on observe entre ces deux terres sont les plus frappantes.

CHAPITRE IV.

Des terres pures, ou terres proprement dites.

On distingue ces terres de celles *alcalines*, en ce qu'elles ne produisent aucune altération sur les couleurs bleues végétales, et qu'elles ne neutralisent point les acides, dont quelques-uns seulement les attaquent à peine. Ces corps, auxquels la désignation de *terres* semble plus particulièrement convenir, sont au nombre de cinq.

(1) Pelletier, Ann. de chim. XXI. 137.

L'alumine.
L'yttria.
La glucine.
La zircone.
La silice.

L'examen de leurs propriétés sera l'objet des sections suivantes.

SECTION PREMIÈRE.

De l'alumine.

[*Histoire.*] L'alun est un sel qui fut bien connu des anciens ; ils l'employoient dans la teinture ; mais ils ignorèrent quelles en étoient les parties composantes. Les alchimistes découvrirent que ce sel étoit une combinaison d'acide sulfurique, et d'une terre dont ils ne purent distinguer la nature. Stahl, et Neumann, la confondirent avec la chaux ; mais Geoffroy jeune prouva, en 1727, que c'étoit une erreur, et que la terre de l'alun étoit une des parties constituantes de la glaise (1). En 1754, Margraf fit voir que la base de l'alun étoit une terre d'une nature particulière, différente de toutes les autres, formant un ingrédient essentiel dans les argiles dont elle déterminoit les propriétés

(1) Mém. Par. 1727.

caractéristiques (1). On donna en conséquence, le nom d'*argile* à cette terre, que Morveau appela depuis *alumine*, parce que ce fut de l'alun qu'il parvint à l'obtenir dans l'état de plus grande pureté. Les propriétés de l'alumine furent examinées avec plus d'étendue par Macquer en 1758 et 1762(2), par Bergman en 1767, et 1771 (3); et par Schéele en 1776 (4). — Beaucoup d'autres chimistes encore contribuèrent par leurs recherches à la connoissance complète de cette terre sur laquelle Saussure le jeune publia en 1801 (5), un traité très-intéressant.

[*Préparation.*] 1. On peut obtenir l'alumine, en versant de l'ammoniaque dans une dissolution d'alun dans l'eau, jusqu'à ce que la liqueur ne précipite plus; on la décante alors, et on lave à grande eau le précipité qu'on fait sécher, et qui est l'alumine. Cette terre, ainsi obtenue, n'est pas à la vérité dans un état de pureté absolue; elle retient encore une portion de l'acide sulfurique combiné avec elle dans l'alun; mais on peut la rendre passablement pure

(1) Mém. de Berlin, 1754 et 1759. Margraf. II. 1.
(2) Mém. Par.
(3) Bergman. I. 287; et V. 71
(4) Schéele. I. 191. Traduc. française.
(5) Journ. de phys. LII. 280.

et en séparer la plus grande partie de l'alun qu'elle peut contenir encore, en opérant de la manière suivante. On dissout le précipité dans l'acide muriatique, on évapore la dissolution jusqu'à ce qu'elle donne des cristaux, et on les laisse s'y former autant qu'elle en peut fournir, pour les en séparer ensuite en la filtrant. On concentre de nouveau le liquide restant, et on enlève encore de même les cristaux qu'il produit. On ajoute une seconde fois de l'ammoniaque à la dissolution filtrée jusqu'à ce qu'elle ne donne plus d'apparence de précipité. Le nouveau précipité obtenu, lavé et séché, est *l'alumine* presque pure (1).

La terre ainsi obtenue est dans deux états très-différens selon la manière dont elle a été précipitée. Si le sel terreux a été dissous dans la moindre quantité d'eau possible, l'alumine a l'apparence d'une terre blanche, légère, friable, très-spongieuse, et s'attachant fortement à la langue. Dans cet état, Saussure la distingue par la dénomination d'*alumine spongieuse*.

Mais si le sel a été dissous à grande eau, l'alumine obtenue est en masse jaunâtre, transparente, cassante, et éclatant en morceaux à la manière d'un canon de soufre qu'on serre

(1) *Account's chemistri.* II. 198.

fortement dans la main. Sa cassure est lisse et conchoïdale. Elle n'adhère point à la langue, et n'a rien de l'aspect ordinaire d'un corps terreux. Dans cet état, Saussure l'appelle *alumine gélatineuse* (1).

2. L'alumine a peu de saveur, elle n'a point d'odeur lorsqu'elle est pure; mais si elle contient de l'oxide de fer, ce qui arrive souvent, elle exhale, lorsqu'on souffle dessus, une odeur particulière qu'on distingue par le nom *d'odeur terreuse* (2). Cette odeur est très-sensible dans les argiles communes. La pesanteur spécifique de l'alumine est de 2.00 (3).

[*Sa contraction par la chaleur.*] 3. En chauffant l'alumine, on lui fait perdre peu-à-peu de son poids par l'évaporation d'une partie de l'eau avec laquelle elle est ordinairement combinée: son volume diminue en même tems considérablement.

L'alumine spongieuse se dépouille très-promptement de son humidité, que l'alumine gélatineuse retient au contraire, avec beaucoup de force. L'alumine spongieuse, chauffée au rouge, perd les 0.58 de son poids, et la gélatineuse les 0.43 seulement. Cette perte, qui s'élève pour la spon-

(1) Journ. de phys. LII. 190.
(2) Saussure, Jour. de phys. LII. 287.
(3) Kirwan, *Mém.* I. 1.

gieuse aux 0.58 à 130° de Wedgewood, n'est pour la gélatineuse, à la même température, que de 0.4825. Saussure a cependant fait voir que ces deux espèces, lorsqu'elles ont été l'une et l'autre séchées à la température de 15°.55 centig., contiennent des proportions égales d'eau (1).

L'alumine éprouve une diminution de volume proportionnelle au degré de chaleur qu'elle subit. Cette contraction semble être due, dans les basses températures, à la perte de son humidité ; mais elle doit résulter, dans les températures élevées, d'une combinaison plus intime des molécules terreuses : car lorsqu'elle a été exposée à la chaleur de 130° de Wedgewood, elle ne perd pas sensiblement de son poids, à quelque plus haute température qu'elle soit ensuite soumise (2).

[*Pyromètre de Wedgewood.*] M. Wedgewood se servit avantageusement de cette propriété de l'alumine, pour construire un instrument propre à apprécier les degrés de chaleur dans les hautes températures. Il consiste en morceaux d'argile d'une forme et d'une dimension déterminées, et dans un appareil destiné à mesurer avec précision leur volume. On met un de ces morceaux d'argile dans le feu, et on en estime

(1) Jour. de phys. LII. 287.
(2) *Ibid.*

la température par la contraction qu'il y a éprouvée (1). On évalue d'une manière exacte le retrait ou la diminution de volume, au moyen de deux règles de cuivre fixées sur une planche de même métal, distantes entre elles, par leurs extrémités, d'environ 13 millimètres d'un côté, et de 10 seulement de l'autre. Ces règles sont divisées sur leur longueur, qui est de 648 millimètres, en 240 parties égales qu'on appelle degrés. Ces degrés commencent à celle des extrémités de l'appareil, où l'écartement des règles est le plus grand, et le premier indique une chaleur rouge ou 50C°.33 centig. Les morceaux d'argile sont de petits cylindres qu'on a fait cuire à une chaleur rouge, et dont la dimension est telle qu'ils s'adaptent exactement à un degré de l'échelle. Ils ne sont pas d'alumine pure, mais d'une argile blanche fine.

Malheureusement le retrait que prennent ces cylindres n'est pas toujours proportionnel au degré de chaleur auquel on les expose, et ils ne se rapportent pas non plus exactement entre eux dans cette diminution de volume. Quoi qu'il en soit, cet instrument n'en est pas moins très-important et d'une grande utilité. L'alumine

---

Voy. la description particulière de cet instrument dans les Trans. Phil. LXII et LXIV.

exposée à une chaleur violente, telle que celle produite par la direction d'un courant de gaz oxigène sur un charbon allumé, éprouve un commencement de fusion, et se convertit en un émail blanc demi-transparent et excessivement dur (1). Pour produire cet effet il faut, suivant le calcul de Saussure, une température correspondant à 1575° de Wedgewood (2).

4. L'alumine est à peine soluble dans l'eau; mais elle s'y étend et s'y délaie avec une grande facilité. Son affinité pour ce liquide est cependant très-considérable; car elle en retient communément en combinaison la moitié de son poids, et nous avons déja vu qu'il est très-difficile de l'en dépouiller. Dans cet état de combinaison, et dans celui de sécheresse ordinaire, l'alumine peut même absorber encore deux fois et demie son poids d'eau, sans en laisser écouler une seule goutte. Elle cède beaucoup plus difficilement cette eau, qu'aucune autre des terres jusqu'à présent décrites; mais aussi elle en perd davantage, et se contracte beaucoup plus qu'elles par un froid de glace: circonstance qui peut être de quelqu'importance en agriculture (3).

---

(1) Morveau, Jour. de l'Ecole Polytechn. I. III. 299.
(2) Jour. de phys. 1794.
(3) Kirwan, *Minér.* I. 9.

L'alumine n'altère point les couleurs bleues végétales. On ne peut la faire cristalliser artificiellement, mais on la trouve native en beaux cristaux transparens d'une très-grande dureté et d'une pesanteur spécifique de 4. On la distingue dans cet état par le nom de *saphir*.

[*Action sur l'oxigène.*] 5. L'alumine est reconnue jusqu'à présent comme n'éprouvant aucune action de la lumière, et comme n'étant pas susceptible de combinaison avec l'oxigène.

[*Sur les combustibles.*] 6. Il n'est aucun des corps combustibles simples qui soit susceptible d'union avec l'alumine. On la rencontre néanmoins souvent dans la nature, combinée, et formant un composé noir avec le charbon (1).

[*Sur les incombustibles.*] 7. L'azote n'a point d'action sur l'alumine; mais l'acide muriatique la dissout, et forme avec elle un composé non cristallisable, qu'on appelle muriate d'alumine.

[*Sur les métaux.*] 8. L'alumine ne se combine point avec les métaux; mais elle a beaucoup d'affinité pour les oxides métalliques, et spécialement pour ceux qui sont au *maximum* d'oxidation. On rencontre quelques-uns de ces composés natifs : ainsi, par exemple, la combinaison de l'alumine et de l'oxide rouge de fer

(1) Nicholson's, *Jour.* II. 101.

se trouve souvent sous la forme d'une poudre jaune dont on se sert pour la peinture, et qu'on distingue par le nom d'*ocre*.

[*Alcalis.*] 9. Il existe une grande affinité entre l'alumine et les alcalis fixes. Lorsqu'on chauffe ensemble ces substances ; elles se combinent, et forment une masse peu compacte et sans transparence. L'alcali fixe liquide dissout l'alumine à l'aide de la chaleur, et la retient en dissolution. On l'en précipite en y versant un acide. C'est le moyen qu'emploient les chimistes pour se procurer l'alumine à l'état de pureté complète : car, à moins qu'elle n'ait été dissoute par un alcali, elle contient presque toujours un peu d'oxide de fer, et d'acide, qui en altèrent les propriétés. L'ammoniaque liquide peut aussi dissoudre, mais en très-petite quantité, l'alumine nouvellement précipitée de son dissolvant.

[*Barite et strontiane.*] 10. La barite et la strontiane se combinent avec l'alumine, soit par la voie sèche, en chauffant l'une et l'autre de ces terres avec l'alumine dans un creuset, soit par la voie humide en les faisant bouillir ensemble dans l'eau. On a, dans le premier cas, une masse de couleur verdâtre ou bleuâtre ayant peu de cohérence ; et dans le second, il se forme deux composés : l'un, qui contient un excès d'alumine, reste à l'état d'une poudre insoluble dans

l'eau, l'autre, qui est avec excès de barite ou de strontiane, est tenu en dissolution par l'eau (1).

[*Chaux.*] 11. L'alumine entre très-promptement en fusion avec la chaux. On a présenté, dans la table suivante, les effets de la chaleur sur des mélanges divers de chaux et d'alumine (2).

PROPORTIONS.	CHALEUR.	EFFET.
75. Chaux. 25. Alumine.	150° Wedg.	Point de fusion.
66. Chaux. 33. Alumine.	150	Reste une poudre.
33. Chaux. 66. Alumine.	(*)	Fusion.
25. Chaux. 75. Alumine.	(*)	Fusion.
20. Chaux. 80. Alumine.	(*)	Fusion.

(1) Vauquelin, Ann. de chim. XXIX. 270. *Voy.* aussi Bucholz's, *Beitrage*. III. 58.

(2) Kirwan. I. 65.

(*) Ces trois expériences furent faites par Ehrman. La chaleur fut produite par un courant de gaz oxigène dardé sur un charbon allumé, et c'est la plus intense qu'il ait été possible jusqu'à présent d'opérer.

[*Magnésie.*] La magnésie et l'alumine n'ont aucune action l'une sur l'autre, même à la chaleur de 150°. de Wedgewood (1).

Il paroît, d'après les expériences de Achard, 1°. qu'aucun mélange de chaux, de magnésie et d'alumine, dans lequel la chaux domine, n'est susceptible de se vitrifier, qu'autant que les proportions en sont à-peu-près de 3 parties de chaux, 2 de magnésie et une d'alumine; 2°. qu'aucun mélange qui se compose en plus grande partie de magnésie, ne peut entrer en fusion à une chaleur moindre de 166°. de Wedgewood; 3°. enfin, que les mélanges dans lesquels la proportion d'alumine excède celle des autres terres, sont généralement fusibles (2). *V.* la table suivante.

3. Alumine.....	}	Porcelaine.
2. Chaux.....		
1. Magnésie.....		
3. Alumine.....	}	Porcelaine.
1. Chaux.....		
2. Magnésie.....		
3. Alumine.....	}	Porcelaine poreuse.
2. Chaux.....		
3. Magnésie.....		
3. Alumine.....	}	Porcelaine.
2. Chaux.....		
2. Magnésie.....		

(1) Kirwan's, *Minér.* I. 57.

(2) *Ibid.* p. 72.

L'alumine est de toutes les terres la plus utile aux hommes. Elle forme la base de toutes les poteries, des fayences, des porcelaines précieuses, des creusets et des pots qu'on emploie dans toutes les manufactures dont les opérations exigent une forte chaleur. Elle est absolument nécessaire au teinturier et à l'imprimeur en toile de coton. On s'en sert aussi avec le plus grand avantage pour fouler et dégraisser les draps.

SECTION II.

De l'yttria.

[*Histoire.*] Le capitaine Arhenius découvrit, vers la fin de 1787, dans le canton d'Ytterby, en Suède, un minéral particulier différent de tous ceux jusqu'alors décrits par les minéralogistes. Sa couleur étoit d'un noir grisâtre et sa cassure entièrement semblable à celle du verre. Ce minéral, qui agissoit sensiblement sur le barreau aimanté, étoit généralement trop dur pour être attaqué par le couteau. Il étoit opaque; mais réduit en fragmens, il transmettoit quelques rayons jaunes. Sa pesanteur spécifique étoit de 4.237 (1). Geyer donna, en

---

(1) Gadolin, Crell's, *Ann.* 1796. I. 313. — Vauquelin,

1788, une description de ce minéral dans les Annales de Crell, et Rinman en fit mention à la même époque dans son Dictionnaire des Mineurs.

Le professeur Gadolin avoit trouvé, en 1794, que ce minéral contenoit une terre nouvelle ; mais, quoique l'analyse qu'il en avoit faite eut été publiée dans les Transactions de Stockholm pour 1794, et dans les Annales de Crell pour 1796 ; ce ne fut qu'en 1797 qu'Ekeberg, après avoir répété l'analyse de Gadolin qui lui donna les mêmes résultats, reconnut comme lui, la présence, dans ce minéral, d'une terre nouvelle à laquelle il donna le nom d'*yttria* (1). Les conclusions de ces chimistes sur l'existence de cette terre furent confirmées par les expériences de Vauquelin en 1800 (2), dans le même tems à-peu-près par celles de Klaproth, et en 1802 (3) Ekeberg publia une nouvelle dissertation sur ce sujet dans les Transactions de Suède pour ladite année. On peut donc considérer aujourd'hui comme suffisamment

---

Ann. de chim. XXXVI. 146. — Klaproth, *Beitrage.* III. 58.

(1) Crell's, *Annals.* 1799. II. 63.

(2) Ann. de chim. XXXVI. 143.

(3) *Ibid.* XXXVII. 86, et *Beitrage.* III. 52.

établie ; la nature particulière de la terre nommée yttria.

[*Préparation.*] 1. On n'a trouvé jusqu'à présent l'yttria, que dans le minéral noir appelé *gadolinite* parce que ce fut Gadolin qui l'analysa le premier, et dans l'*yttro-tantalite*, qui, d'après la description qu'en a donnée Ekeberg, est un composé de tantalium et d'yttria. Dans le premier de ces minéraux, l'yttria est combinée avec de l'oxide noir de fer, et avec la terre appelée silice; mais ils ne se rencontrent l'un et l'autre que dans le canton d'Ytterby, et c'est du premier, qui est le plus commun, qu'on obtient la terre. On traite le minéral réduit en poudre avec un mélange d'acides, nitrique, et muriatique, jusqu'à ce qu'il soit complètement décomposé. On filtre la dissolution après l'avoir préalablement évaporée presque jusqu'à siccité, et dans cet état on l'étend d'eau. La silice s'en sépare, on évapore jusqu'à siccité la liqueur filtrée, on tient pendant longtems le résidu chauffé au rouge dans un vaisseau fermé ; on le redissout ensuite dans l'eau, et on filtre de nouveau la dissolution dont alors on précipite, par l'ammoniaque, l'yttria à l'état de pureté.

[*Propriétés.*] 2. L'yttria, ainsi séparée du minéral appelé gadolinite, est une poudre fine blanche, sans saveur ni odeur ; elle est insu-

sible, et sans action sur les couleurs bleues végétales. Elle pèse plus qu'aucune des autres terres, sa pesanteur spécifique étant, suivant Ekeberg, de 4.842.

L'yttria est insoluble dans l'eau qu'elle peut cependant, ainsi que l'alumine, retenir en grande proportion. Klaproth s'est assuré que l'yttria précipitée de l'acide muriatique par l'ammoniaque, et séchée à une basse température, diminue de 31 parties sur 100, ou de presque les 0.33 de son poids lorsqu'elle est chauffée au rouge dans un creuset. Or cette perte consiste entièrement dans l'eau qui s'en est dégagée.

Le carbonate d'ammoniaque, et tous les autres carbonates alcalins, dissolvent facilement l'yttria que n'attaquent point les alcalis caustiques. Cette terre se combine avec les acides, et forme ainsi des sels dont la saveur est tout-à-la-fois douce et astringente, et dont quelques-uns sont d'une couleur rouge.

L'yttria est le seul des corps terreux connus qui ait la propriété de produire par sa combinaison avec les acides des sels colorés.

3. L'yttria n'éprouve aucune action de la lumière, et il est probable qu'elle ne se combine point avec l'oxigène. Il ne paroît pas non plus, d'après les expériences de Klaproth, qu'elle se combine facilement avec le soufre; il

y a même lieu de croire qu'elle ne s'unit à aucun des autres corps combustibles simples.

Il n'y a point d'attraction entre l'azote et l'yttria. Cette terre forme avec l'acide muriatique un sel qui n'est pas susceptible de cristalliser. On ne connoît pas son action sur les métaux et leurs oxides.

SECTION III.

De la glucine.

[*Histoire.*] Le béril est une pierre transparente de couleur verte, d'une très-grande dureté, qui se trouve cristallisée dans les montagnes de la Sibérie et dans plusieurs autres contrées. Vauquelin analysa ce minéral en 1798, sur l'invitation de M. Havy, qui, d'après toutes les considérations minéralogiques, lui trouvoit une conformité parfaite avec l'émeraude. Les résultats de l'analyse furent la confirmation des conjectures de M. Havy, et la découverte d'une terre nouvelle, à laquelle Vauquelin donna le nom de *glucine* (1). Les expériences de Vau-

(1) Ann. de chim. XXVI. 155.

quelin ont été répétées par Klaproth (1), ainsi que par d'autres chimistes distingués.

1. Pour obtenir la glucine pure, on fait fondre le béril, ou l'émeraude réduite en poudre, avec trois fois son poids de potasse. On délaie la masse dans l'eau, on la dissout dans l'acide muriatique, et on évapore à siccité. On lave le résidu à grande eau, et on met le tout sur un filtre; la silice, qui constitue plus de la moitié du poids de la pierre, y reste, et la glucine, ainsi que les autres terres combinées avec l'acide muriatique, sont retenues en dissolution dans l'eau de lavage. On les en précipite par le carbonate de potasse; on lave ensuite le précipité qu'on dissout dans l'acide sulfurique. On ajoute à la dissolution, du sulfate de potasse; on la fait évaporer ensuite jusqu'à consistance convenable et on la laisse cristalliser. Il se forme dans la liqueur des cristaux d'alun; lorsqu'on en a obtenu autant que possible, et qu'elle n'en donne plus, on y verse du carbonate d'ammoniaque en excès; on filtre alors et on fait bouillir le liquide pendant quelque tems, il s'en sépare peu-à-peu une poudre blanche qui est la *glucine*.

[*Propriétés.*] 2. La glucine, ainsi extraite, est une poudre blanche, légère, douce au toucher,

(1) *Beitrage.* III. 215.

sans saveur ni odeur, ayant la propriété d'adhérer fortement à la langue. Elle n'a aucune action sur les couleurs végétales. Elle est entièrement infusible, elle ne se durcit, ni ne prend de retrait au feu, comme le fait l'alumine. Sa pesanteur spécifique est de 2.967 (1).

3. La glucine ne se combine point avec l'oxigène, ni avec aucune des substances combustibles simples : mais l'hydrogène sulfuré la dissout, et il en résulte un hydrosulfure semblable par ses propriétés aux autres composés du même genre (2).

4. L'azote n'a aucune action sur la glucine, mais l'acide muriatique la dissout, et il en résulte un sel sucré qui est le *muriate de glucine*.

5. La glucine a de commun avec l'alumine qu'elle se dissout, comme cette terre, dans les alcalis fixes liquides. Elle a du rapport avec l'yttria en ce que, comme celle-ci, n'étant pas soluble dans l'ammoniaque, elle l'est dans le carbonate d'ammoniaque ; mais cette faculté de dissolubilité par le carbonate d'ammoniaque est beaucoup plus grande dans la glucine que dans l'yttria.

La glucine se combine avec tous les acides,

(1) Ekeberg ; Ann. de chim. LXIII. 277.
(2) Fourcroy. II. 159.

et ces combinaisons forment des sels à saveur douce (1), comme le sont aussi ceux qui résultent des combinaisons de l'yttria.

SECTION IV.

De la zircone.

[*Histoire.*] Parmi les pierres précieuses qui nous viennent de l'île de Ceylan, il en est une appelée *jargon* ou *zircon*, dont les propriétés sont les suivantes.

Elle varie dans sa couleur qui est grise, blanche, verdâtre, jaunâtre, brune-rougeâtre, et violette. Elle est souvent cristallisée, soit en prismes quadrangulaires à angles droits terminés par des pyramides, soit en octaèdres consistant en doubles pyramides quadrangulaires. Elle a généralement, au moins à l'intérieur, un grand éclat. Elle est le plus ordinairement demi-transparente. Sa dureté est de 10 à 16, et sa pesanteur spécifique de 4.416 à 4.7 (2).

---

(1) D'où on lui a donné le nom de *glucine*, γλυκος, doux.

(2) Kirwan's, *Minér.* I. 333.

Elle perd à peine de son poids lorsqu'elle est mise à l'état de fusion par la chaleur. Klaproth, qui en fit l'analyse en 1789, trouva qu'une quantité de 15 gram. environ de cette substance, tenue ainsi pendant une heure et demie, n'avoit diminué que d'environ 0.013 de gramme (1). Cette substance n'est point attaquable par les acides muriatique ou sulfurique, même à l'aide de la chaleur. Enfin, après l'avoir calcinée avec une grande quantité de soude, et l'avoir ensuite dissoute par l'acide muriatique, Klaproth la trouva composée de 0.315 de silice, de 0.005 d'un mélange de nickel et de fer, et de 0.680 d'une terre nouvelle, jouissant de propriétés particulières, et qui a reçu le nom de *zircone* de celui du minéral dans lequel on en a reconnu la présence.

Le jargon de Ceylan, ou zircon, étant une pierre extrêmement rare, il étoit difficile de répéter l'analyse de Klaproth et de vérifier sa découverte. Il publia, en 1795, l'analyse qu'il venoit de faire de *l'hyacinthe*, autre minéral de la même île, dans lequel il avoit reconnu la même terre en grande proportion, en annonçant l'espoir que l'obstacle qui s'étoit jusqu'alors opposé à la confirmation de ses expériences alloit cesser, puisqu'on pourroit les faire sur

(1) Jour. de phys. XXXVI. 180.

cette pierre plus commune. Cette invitation de Klaproth porta, en 1796, Guyton-Morveau à examiner les hyacinthes qui se trouvent dans le ruisseau nommé *louriou pégouliou*, qui traverse le bourg d'Espally en France; et il s'assura que ces hyacinthes étoient d'une nature absolument semblable à celles de l'île de Ceylan, et contenoient la proportion de zircone indiquée par Klaproth. Ces expériences furent répétées bientôt après, et les propriétés de la terre nouvelle furent recherchées avec encore plus d'étendue par Vauquelin (1).

[*Préparation.*] La zircone n'a encore été trouvée jusqu'à présent que dans le zircon, et dans l'hyacinthe. On peut l'en obtenir pure de la manière suivante. On fait fondre dans un creuset un mélange du minéral réduit en poudre avec trois fois son poids de potasse. On lave la masse fondue dans de l'eau pure jusqu'à ce qu'elle en ait séparé toute la potasse. Le résidu de ce lavage est ensuite dissous dans de l'acide muriatique étendu : on fait bouillir cette dissolution pour que le peu de silice qu'elle pouvoit retenir l'abandonne en se déposant : on la filtre alors et on en précipite, par un alcali caustique, la zircone sous la forme d'une poudre blanche.

(1) Ann. de chim. XXI. 72.

[*Propriétés.*] 2. La zircone ainsi préparée est une poudre blanche, fine, sans saveur, sans odeur, et devenant en quelque sorte douce au toucher, lorsqu'on la frotte entre les doigts. Elle est infusible au chalumeau, mais chauffée à un feu violent dans un creuset de charbon, elle éprouve une sorte de fusion imparfaite; elle acquiert une couleur grise, et a dans cet état, quelque chose de l'apparence de la porcelaine. Elle est alors devenue très-dure, insoluble dans les acides, et d'une pesanteur spécifique de 4.3.

La zircone est indissoluble dans l'eau, pour laquelle cependant elle a une très-forte affinité. Lorsqu'après avoir été précipitée de sa dissolution, on la fait sécher lentement, elle retient environ les 0.33 de son poids d'eau, et prend une couleur jaune avec un certain degré de transparence, ce qui lui donne beaucoup de ressemblance avec la gomme arabique (1).

3. La zircone ne se combine ni avec l'oxigène, ni avec les combustibles simples, non plus qu'avec l'azote et les métaux; mais elle a une forte attraction pour plusieurs oxides métalliques, spécialement pour l'oxide de fer, dont il est très-difficile de la séparer.

---

(1) Vauquelin, Ann. de chim. XXII. 158.

Elle ne se dissout point dans les alcalis liquides, et ne se fond point avec eux par la chaleur; mais elle est dissoluble dans les carbonates alcalins.

4. On n'a fait que très-peu d'essais sur son affinité pour les différentes terres. On sait cependant qu'un mélange d'alumine et de zircone est susceptible de fusion.

La zircone forme avec tous les acides des sels d'une saveur astringente particulière, qui pour la plupart sont indissolubles dans l'eau.

Cette terre n'a encore été appliquée à aucun usage. Sa rareté, et la difficulté de l'obtenir à l'état de pureté, ne laissent jusqu'à présent aucun espoir de pouvoir l'employer avec quelqu'avantage à des objets d'économie domestique.

SECTION V.

De la silice.

[*Histoire.*] On connoît sous le nom de *quartz*, une pierre blanche très-dure qui est très-commune dans presque tous les pays. On la rencontre quelquefois transparente et cristallisée, et alors on l'appelle *cristal de roche;* très-souvent aussi elle est sous la

forme de sable. Comme cette pierre, et plusieurs autres qui lui ressemblent, telles que le caillou, l'agathe, la calcédoine, etc., ont la propriété de se fondre en verre lorsqu'on les chauffe avec les alcalis fixes : elles furent toutes classées ensemble par les minéralogistes sous la désignation de *terres vitrifiables*. M. Pott, qui décrivit le premier les propriétés de ces pierres, en 1746, leur donna le nom de *terres siliceuses*, dans la supposition qu'elles étoient principalement composées d'une terre particulière, appelée terre *siliceuse* ou *silice*. Cette terre étoit connue de Glauber qui indiqua le moyen de l'obtenir. Geoffroy (1) s'efforça de prouver qu'on pouvoit la convertir en chaux, et Pott (2) et Beaumé (3) en alumine ; mais ces assertions furent réfutées par Cartheuser (4), Schéele (5) et Bergman (6). C'est à ce dernier chimiste que nous sommes redevables du premier détail exact sur les propriétés de la silice (7).

---

(1) Mém. Par. 1746, p. 286.
(2) Lithogn, p. 3, préf.
(3) Man. de chim.
(4) *Minér. abb.*
(5) Schéele. I. 191.
(6) *Sur les terres géoponiques.* 1773. *Opusc.* V. 59.
(7) *Opusc.* II. 26.

[*Préparation.*] 1. Pour avoir la silice pure, on fait fondre complètement dans un creuset un mélange d'une partie de caillou, ou de quartz réduit en poudre, avec trois parties de potasse. On dissout dans l'eau la masse fondue, on sature la potasse avec de l'acide muriatique, et on évapore jusqu'à siccité. On lave à grande eau le résidu qui est sous la forme d'une masse blanche et on le fait sécher. C'est la silice à l'état de pureté.

[*Propriétés.*] 2. La silice ainsi obtenue est une poussière blanche très-fine, sans saveur ni odeur, dont les molécules sont rudes et dures au toucher comme le seroient de très-petits grains de sable. Sa pesanteur spécifique est de 2.66 (1).

La silice est inaltérable par le calorique. Lavoisier et Morveau soumirent cette terre à l'action d'un feu excité par le gaz oxigène, elle n'y donna aucun indice de fusion (2). Saussure est cependant parvenu à en fondre au chalumeau, mais en quantité si excessivement petite, qu'à peine pouvoit-on l'appercevoir à la loupe. Il évaluoit le degré de chaleur

(1) Kirwan's, *Minér.* I. 10.

(2) Jour. de l'Ecole Polytechn. I, III. 299.

capable de produire cet effet à 4030° de l'échelle de Wedgewood.

[*Action de l'eau.*] 3. La silice est indissoluble dans l'eau qui en prend cependant environ une partie sur 1000, lorsqu'elle est nouvellement préparée (1).

Cette terre n'altère point les couleurs bleues végétales; elle peut absorber environ les 0.25 de son poids d'eau sans en laisser égoutter, mais elle la perd très-promptement par son exposition à l'air (2). Lorsqu'elle est précipitée de la potasse par l'acide muriatique, elle retient, lorsque l'évaporation s'est faite lentement, une grande quantité d'eau. Elle est alors sous la forme d'une gelée transparente qui se réduit en une masse blanche à mesure que l'eau s'en dégage à l'air.

On peut, avec une petite quantité d'eau, mettre la silice à l'état de pâte; mais cette pâte, qui n'a pas la moindre ductilité, devient lorsqu'elle a été séchée, une masse friable et sans cohérence (3).

La silice est susceptible de prendre la forme cristalline; elle est connue dans cet état sous

---

(1) Kirwan's, *Minér.* I. 10.

(2) *Ibid.*

(3) Schéele.

le nom de *cristal de roche*. Ces cristaux siliceux, qui se trouvent dans presque tous les pays, sont, dans leur état de pureté, transparens et sans couleur comme le verre. Leur forme varie; celle sous laquelle ils se rencontrent le plus ordinairement, est un prisme hexagone terminé à chacune de ses extrémités par des pyramides hexagones, dont les angles correspondent avec ceux du prisme. Leur dureté est très-considérable, elle s'élève à 11; leur pesanteur spécifique est de 2.653 (1). On peut imiter artificiellement ces cristaux de deux manières; la première, qui fut découverte par Bergman, consiste à dissoudre la silice dans l'acide fluorique et à abandonner la dissolution, sans la troubler, pendant deux ans. On trouve au bout de ce tems un grand nombre de cristaux au fond du vase qui contenoit la dissolution : ils sont, pour la plupart, de formes irrégulières, mais il en est parmi eux qui ont celle de cubes à angles tronqués. Ces cristaux ont bien de la dureté, mais ils ne peuvent être, sous ce rapport, comparables au cristal de roche (2).

(1) Kirwan's, *Minér.* I. 242.

(2) Bergman. II. 32.

L'autre manière de former artificiellement des cristaux de silice a été accidentellement trouvée. Le professeur Seigling d'Erfurt avoit préparé une liqueur siliceuse, étendue d'une beaucoup plus grande quantité d'eau qu'à l'ordinaire, et contenant une surabondance d'alcali. Il y avoit huit ans que cette liqueur étoit ainsi restée, sans avoir été remuée, dans un vaisseau de verre qui n'étoit fermé que par une feuille de papier qui en couvroit l'orifice, lorsque le professeur ayant par hasard regardé ce vase, il remarqua qu'il contenoit un grand nombre de cristaux. Il en envoya à M. Trommsdorf, professeur de chimie à Erfurt pour les examiner ; la liqueur surnageante pesoit environ 64 grammes ; elle étoit recouverte à sa surface d'une croûte transparente si ferme qu'on pouvoit renverser le vaisseau sans qu'il s'en écoulât une seule goutte de la liqueur : il y avoit au fond du vase des cristaux qu'on reconnut être du sulfate, et du carbonate de potasse (1). La croûte formée à la surface de la liqueur étoit en partie, de carbonate de potasse, et en partie, de silice cristallisée en pyramides tétraèdres grouppées. Ces cristaux siliceux, d'une transparence parfaite,

(1) Combinaison de la potasse avec les acides sulfurique, et carbonique.

étoient assez durs pour faire feu avec le briquet (1).

[*Action des substances simples.*] 4. La silice ne se combine ni avec l'oxigène ni avec les corps combustibles simples, ni avec les métaux ; mais elle s'unit par la fusion à beaucoup d'oxides métalliques avec lesquels elle forme des verres et des émaux diversement colorés.

5 L'azote n'a aucune action sur la silice ; il en est de même de l'acide muriatique, mais seulement lorsque cette terre est solide, car à l'état de combinaison avec un excès d'alcali, l'acide muriatique dissout le composé, et le retient en une dissolution permanente dont, lorsqu'on la concentre, la silice se sépare sous la forme d'une gelée.

[*Action des alcalis.*] 6. La silice a une très-grande affinité pour les alcalis fixes : elle peut s'y combiner également par la voie sèche, à l'aide de la fusion, et par la voie humide en la tenant dans ces alcalis liquides en ébullition. Lorsque la proportion de potasse excède considérablement celle de la silice, le composé est soluble dans l'eau, et constitue ce qu'on appeloit anciennement *liqueur siliceuse*, et

(1) Nicholson's, *Jour.* I. 217.

quelquefois aujourd'hui, *potasse* ou *soude silicée*. Lorsque c'est la silice qui est en excès, le composé est transparent et sans couleur comme le cristal de roche. Il n'est attaquable ni par l'eau, ni par l'air, ni par les acides (un seul excepté), c'est alors la substance si bien connue sous le nom de *verre*.

L'ammoniaque, soit liquide, soit à l'état gazeux, n'agit point sur la silice.

[*Action de la barite.*] 7. Il existe une attraction très-marquée entre la barite et la silice. Lorsqu'on verse de l'eau de barite dans une dissolution de potasse silicée, il se forme un précipité que Morveau considéra comme un composé des deux terres à l'état de combinaison (1). On combine aussi la barite et la silice en les chauffant fortement ensemble; la masse qu'on obtient est de couleur verdâtre, mais ayant peu de cohérence (2).

On peut voir par les résultats des expériences de Kirwan, dont on a formé la table suivante, quels sont les effets de la chaleur sur différens mélanges de barite et de silice.

---

(1) Morveau, Ann. de chim. XXXI. 250.
(2) Vauquelin. *Ibid.* XXIX. 271.

PROPORTIONS.	CHALEUR.	EFFET.
80. Silice. 20. Barite.	Wedgewood. 155°	Une masse blanche cassante.
75. Silice. 25. Barite.	150° *Id.*	Une masse dure cassante, demi-transparente sur ses bords.
66. Silice. 33. Barite.	145° *Id.*	Fondue en une masse dure, en quelque sorte à l'état d'une porcelaine poreuse.
50. Silice. 50. Barite.	148° *Id.*	Une masse dure non fondue.
20. Silice. 80. Barite.	150° *Id.*	Les bords furent fondus en une matière d'un vert pâle, tenant le milieu entre la porcel. et l'émail.
25. Silice. 75. barite.	150° *Id.*	Fondue en une masse à-peu-près à l'état de porcelaine poreuse.
33. Silice. 66 Barite.	150° *Id.*	Fondue en une porcel. poreuse, en partie blanche jaunâtre, et en partie blanche verdâtre.

[*De la strontiane.*] La silice s'unit à la strontiane à-peu-près de la même manière qu'avec la barite.

[*De la chaux.*] Il y a aussi de l'affinité entre la silice et la chaux. En versant de l'eau de chaux dans une dissolution de potasse silicée, il se forme, ainsi que Stuke l'a observé, un précipité qui n'est autre chose qu'un composé de silice et de chaux (1). On peut également unir ces deux terres en les chauffant ensemble, et leur combinaison forme un verre toutes les fois que la chaux est en quantité au moins égale à celle de la silice. Kirwan a obtenu les résultats suivans de l'action du calorique sur différens mélanges de ces terres (2).

---

(1) Gadolin, Ann. de chim. XXII. 110. Morveau, *Ibid.* XXXI. 250.

(2) Kirwan, *Minér.*

PROPORTIONS.	CHALEUR.	EFFET.
50. Chaux. 50. Silice.	Wedgewood. 150°	Fondues en une masse blanche, demi-transparente sur ses bords, faisant feu, quoique foiblement, avec le briquet. Elle tenoit, en quelque sorte, le milieu entre la porcelaine et l'émail.
80. Chaux. 20. Silice.	156° *Id.*	Une poudre blanche jaunâtre, sans cohérence.
20. Chaux. 80. Silice.	156° *Id.*	Masse cassante non fondue.

[*De la magnésie.*] On parvient difficilement, et à l'aide de la plus violente chaleur qu'il soit possible de produire, à fondre un mélange de parties égales de magnésie et de silice (1). A une

(1) Lavoisier, Mém. Par. 1797, p. 598.

chaleur inférieure, le mélange est infusible quelles que soient les proportions des deux terres (1).

[*De l'alumine.*] Lorsqu'on mêle ensemble deux portions égales d'une dissolution de potasse silicée, et d'une dissolution d'alumine par la potasse, il se forme immédiatement une zone brunâtre qui, par l'agitation, s'étend et se délaie dans toute la liqueur, et le mélange prend au bout d'un heure une consistance de gelée (2). Si l'on réduit ce mélange en pâte avec de l'eau et qu'on le fasse sécher, il devient cohérent et acquiert un grand degré de dureté : cette dureté augmente encore lorsqu'il a été chauffé à 160° de Wedgewood ; mais il n'y a point de fusion (3). Achard trouva que ce mélange, en toutes proportions, étoit infusible à une chaleur qui différoit vraisemblablement peu de celle de 150° de Wedgewood ; mais à une très-forte chaleur, il se convertit en une espèce de verre opaque, ou plutôt d'émail. La porcelaine, la poterie, les briques, les tuiles, et les autres substances semblables, consistent principalement dans le mélange de ces deux terres ; les

(1) Achard, Mém. Berlin. 1780, p. 33.
(2) Morveau, Ann. de chim. XXXI. 249.
(3) Kirwan, *Miner.* I. 58.

mélanges de silice et d'alumine, dans des proportions diverses, constituent essentiellement les *argiles*; mais il est rare qu'elles ne contiennent pas quelques autres substances.

Il résulte des expériences de Achard, 1°. qu'on obtient par la fusion d'un mélange de parties égales de chaux, de magnésie, et de silice, un verre de couleur verdâtre, assez dur pour faire feu avec le briquet; 2°. que le mélange de ces trois terres ne se fond point, lorsque c'est la magnésie qui y entre en plus grande proportion; 3°. que le mélange fond rarement, si c'est la silice qui prédomine, la fusion n'a lieu en effet que dans les proportions de trois parties de silice, de deux de chaux, et une de magnésie, qui forment une porcelaine; 4°. que le mélange est généralement fusible, lorsque c'est la chaux qui y entre en plus grande quantité (1).

On peut aussi combiner à l'aide de la chaleur, et fondre facilement en une porcelaine de couleur verdâtre, un mélange de silice et d'alumine avec la barite ou la strontiane (2).

Les expériences de Kirwan, et de Achard nous apprennent, que dans les mélanges de chaux, de silice et d'alumine, il y a généralement

(1) Mém. Berl. 1780, p. 33; et Jour. de phys. XXIV.
(2) Kirwan.

fusion en verre ou en porcelaine, suivant les proportions ; lorsque c'est la chaux qui prédomine. Les seules proportions qui rendirent le mélange infusible furent celles de

2	3	Chaux
1	1	Silice.
2	2	Alumine.

Si la silice est en proportion plus forte, le mélange est souvent fusible en émail ou porcelaine, et peut-être même en verre ; si c'est l'alumine dont la quantité est la plus considérable, on peut souvent obtenir une porcelaine, mais jamais un verre (1).

Avec des mélanges de magnésie, de silice et d'alumine, il n'y a point de fusion à 150° de Wedgewood lorsque la magnésie est en excès. Lorsque c'est la silice qui est en plus, on peut souvent obtenir une porcelaine et un verre avec trois parties de silice, deux de magnésie, et une d'alumine. Lorsque c'est l'alumine dont la proportion est la plus grande, on ne peut produire autre chose qu'une porcelaine (2).

Achard a trouvé qu'un mélange de parties égales de chaux, de magnésie, de silice et d'a-

(1) Kirwan, *Minér.* I. 73.

(2) *Ibid.* p. 72.

lumine se fond en un verre. Ces terres se fondent aussi lorsqu'elles sont mélangées en diverses autres proportions, et spécialement lorsque la silice domine.

La silice diffère de toutes les autres terres en ce que de tous les acides, il n'y a que ceux, fluorique, phosphorique, et boracique avec lesquels elle puisse se combiner; on pourroit y ajouter, peut-être, l'acide muriatique.

La silice est une des plus importantes des terres. Elle est la partie principalement constituante de ces pierres qui semblent former la base du globe terrestre. Elle est un ingrédient essentiel du mortier, de toutes les espèces de poteries, et du verre.

CHAPITRE V.

Remarques sur les alcalis et les terres.

Les termes, *alcali*, et *terre*, furent employés longtems avant que la chimie fut devenue une science exacte. On ne doit donc pas s'étonner de ce que leur signification présentoit quelque chose de vague, et de la difficulté qui en résultoit, à mesure que les substances chimiques se

multiplioient, pour reconnoître auquel de ces deux corps elles devoient appartenir. Les deux propriétés qui semblent avoir été considerées comme essentielles aux alcalis étoient :

[*Signification originale des termes alcali et terre.*] 1. Leur faculté de combinaison avec les acides auxquels ils enlevoient leur acidité, en perdant eux-mêmes leurs propriétés caractéristiques, ou en devenant *neutralisés* ;

2. D'être indissolubles dans l'eau. On regardoit comme caractères distinctifs d'une terre, son indissolubilité dans ce liquide, ce que les chimistes appeloient *aridité*, jointe à son *incombustibilité*. On se servit de ces propriétés reconnues pour le classement des substances nouvellement découvertes. On rangea parmi les alcalis celles qui se combinoient avec les acides et se dissolvoient dans l'eau, et parmi les terres celles qui y étoient indissolubles. Ainsi la soude reçut, dès l'époque de sa découverte, la dénomination d'alcali, tandis que la chaux, la barite, la strontiane, furent successivement placées au nombre des terres, parce qu'on avoit été longtems sans s'appercevoir de la propriété qu'avoit le premier de ces corps d'être dissoluble dans l'eau. On le considéroit bien comme pouvant en partie se dissoudre dans ce liquide, mais seulement pour la portion de cette substance qui par sa nature se

rapprochoit des alcalis ; et quoique cette erreur eut été rectifiée antérieurement à la découverte de la strontiane, les chimistes n'en furent pas moins portés, par analogie, à classer ce corps avec la chaux et la barite qui avoient déja pris leur rang parmi les terres.

[*Subdivision des alcalis et des terres.*] Les alcalis se subdivisoient naturellement, en *fixes*, et en *volatils*. On en établit ainsi, dès les premiers tems la distinction, dont on se servit avec beaucoup d'avantage. Il n'en fut pas de même de celle des terres, en alcalines, et pures, qui ne put être que le résultat, beaucoup plus tardif, de l'examen des terres obtenues dans un état de pureté convenable. On désigna par la qualification *d'alcalines* celles de ces terres qui jouissoient de toutes les propriétés caractéristiques des alcalis, hors celle d'être très-dissolubles dans l'eau, et on réserva plus spécialement la dénomination de terres à celles qui étoient incapables de neutraliser les acides, et qui ne se dissolvoient point dans l'eau. On avoit reconnu sans doute la nécessité de cette subdivision pour remédier à ce que les expressions de *terre*, et d'*alcali*, laissoient de vague et d'incertain dans leur application originale. Elle paroît d'ailleurs plus convenable que quelques-unes de celles qui ont été établies dans le même but. Fourcroy, par exemple, range

la barite, et la strontiane, parmi les alcalis. On ne peut, à la vérité, considérer ce classement comme fautif, parce que la division de ces corps en terres et en alcalis est parfaitement arbitraire; mais on peut observer que si la barite et la strontiane sont mises au rang des alcalis, on ne doit sûrement pas en exclure la chaux; car la barite et la strontiane n'ont pas une propriété alcaline que la chaux ne possède également; et si la chaux étoit comptée au nombre des alcalis, il n'y auroit pas de raison valable pour que la magnésie ne le fût pas aussi. La vérité est que ces corps se rapprochent entre eux par des nuances si délicates, qu'on peut à peine les considérer comme appartenant à des classes distinctes, et c'est une raison pour préférer la division ordinaire à celle nouvellement proposée par Fourcroy.

[*Définition de l'alcali par Berthollet.*] La définition que donne Berthollet des alcalis me semble beaucoup plus exacte que celle de Fourcroy. Suivant lui, l'*alcalinité* est la propriété de neutraliser les acides, et l'*acidité* celle de neutraliser les *alcalis*. Ainsi la dénomination d'*alcali* appartient également aux alcalis fixes et volatils, et aux terres alcalines. Quoique cette définition puisse être, comme toute autre définition en général, susceptible d'objections, il faut

néanmoins convenir qu'elle est beaucoup plus précise, et qu'elle nous donne une notion plus satisfaisante de l'alcalinité que celles qui l'ont précédée. Mais si la faculté de neutralisation des acides constitue l'alcalinité, il est évident que les corps les plus alcalins sont ceux qui sont les plus capables de neutraliser les acides, ou la plus grande quantité d'acide; et suivant cette doctrine, les alcalis se trouveroient établis, dans l'ordre suivant (1) :

Ammoniaque.
Magnésie.
Chaux.
Soude.
Potasse.
Strontiane.
Barite.

Les terres pures se combinent avec les acides, mais sans les neutraliser (2).

Les alcalis (en se servant de ce mot dans le sens de Berthollet) ne se combinent point avec l'oxigène. Ils n'ont aucune action sur l'hydrogène,

(1) Berthollet, Statique chimique. I. 125.

(2) Il y a à cet égard quelques exceptions, et c'est une des défectuosités de la définition de Berthollet.

ni sur le carbone; mais ils s'unissent au soufre, au phosphore, ou au moins, ils exercent sur ces corps une action très-énergique. Les alcalis n'agissent pas d'une manière très-remarquable sur les métaux. Ils dissolvent quelques oxides métalliques, et ne produisent sur d'autres aucun effet. Ils sont tous (la magnésie exceptée) plus ou moins dissolubles dans l'eau, mais les terres alcalines le sont beaucoup moins que les autres.

Il ne se forme point d'union entre les terres pures et l'oxigène, au moins, autant qu'on a pu s'en assurer d'une manière satisfaisante. Elles sont également sans action sur les combustibles simples, et les métaux. Elles ont, en général, beaucoup moins de tendance que les alcalis à entrer en combinaison.

La table suivante offre quelques-uns des caractères les plus remarquables des terres alcalines et des terres pures (1).

---

(1) On trouvera, dans cette table, plusieurs propriétés dont il ne sera donné connoissance que dans la suite de cet ouvrage. Il a paru convenable de les y ajouter, afin d'y présenter réunies, dans le même ensemble, les plus importantes de celles dont jouissent les terres.

TERRES.	Solubilité dans l'eau.	Teinte en vert des couleurs bleues végétales..	Solubles dans la potasse.	Solubles dans le carbonate de potasse.	Solubles dans le carbonate d'ammoniaque.	Solubles dans l'acide muriatique (1).	Précipitées par le prussiate de potasse.	Précipitées par le tannin.	Précipitées par les hydro-sulfures.	Précipitées par les succinates.
Barite.	0.050	1	»	»	»	1	»	»	»	1
Strontiane.	0.005	2	»	»	»	2	»	»	»	2
Chaux.	0.002	3	»	»	»	3	»	»	»	3
Magnésie.	0.000	4	»	»	»	4	»	»	»	»
Alumine.	0.000	»	1	»	»	5	»	»	1	»
Yttria.	0 000	»	»	1	1	6	1	1	»	»
Glucine.	0.000	»	2	2	2	7	»	2	»	4
Zircone.	0.000	»	»	3	»	8	2	3	2	»
Silice.	0.000	»	3	»	»	»	»	»	»	»

(1) Après avoir été précipité.

Il est remarquable qu'on peut réunir deux à deux un grand nombre de ces corps par la ressemblance frappante qu'ils ont entre eux, savoir :

1.	Potasse.	3.	Yttria.
	Soude.		Glucine.
2.	Barite.	4.	Alumine.
	Strontiane.		Zircone.

[*De leurs parties composantes.*] Au moyen de ce qu'aucune des terres n'a encore été décomposée, on doit les considérer toutes, dans l'état actuel de la chimie, comme des corps simples. On a cherché à démontrer qu'ils n'existoit qu'une seule terre dans la nature dont toutes les autres dérivoient, et celle généralement adoptée, comme étant la plus simple, étoit la silice (1). Mais toutes ces tentatives, malgré le talent de plusieurs de ceux qui les ont faites, on été sans succès.

On essaya, il y a quelque tems, de prouver que toutes les terres sont des oxides métalliques, et qu'elles peuvent être effectivement réduites à l'état de métaux.

Baron avoit soupçonné depuis longtems que

(1) M. Sage fixa son choix à cet égard sur la chaux.

l'alumine étoit d'une nature en quelque sorte métallique ; et Bergman avoit été induit, par le grand poids de la barite, et plusieurs autres apparences, à conjecturer que cette terre étoit un oxide métallique ; mais Lavoisier est le premier chimiste qui se soit hasardé à donner à entendre que toutes les terres pourroient bien être des oxides métalliques (1).

Aussitôt après la publication de l'ouvrage de Lavoisier, vers l'an 1790, M. Tondi et le professeur Ruprecht, tous les deux de Schemnitz, annoncèrent, que par l'application d'une forte chaleur, ils avoient obtenu de la barite un métal de couleur de fer attirable à l'aimant, qu'ils appeloient *barbonium* ; un autre, de la magnésie, qu'ils nommoient *austrum ;* un troisième de la chaux, auquel ils donnoient la même dénomination ; et un quatrième de l'alumine, qu'ils distinguoient par celle d'*apulum*. Leur manière d'opérer consistoit à chauffer très-fortement, dans un creuset de Hesse, les terres enveloppées de charbon et recouvertes d'une poudre d'os calcinés.

Mais leurs expériences ayant été bientôt après répétées par Klaproth, Savoresi et Tihanski, ces expérimentateurs exacts prouvèrent que tous

(1) *Chemistry*, p. 217. English Trans.

les prétendus métaux n'étoient autre chose que des *phosphures de fer*. Le fer avoit été séparé du creuset par la violence de la chaleur, qui avoit également opéré la séparation du phosphore des os.

Les terres doivent donc être encore considérées comme une classe distincte de corps ; les propriétés de la plupart d'entre elles diffèrent tellement, ainsi que l'a observé Klaproth, de celles des oxides métalliques, que la supposition qu'elles sont composées des mêmes ingrédiens est également contraire à tous les faits, et à toute analogie qui nous soient connus. Quelques-unes des terres, et particulièrement l'yttria et la zircone, ont bien quelques rapports avec les oxides métalliques par quelques-unes de ces propriétés qu'on considère comme caractéristiques ; et à cet égard elles semblent être le chaînon qui unit les terres aux oxides (1). Mais la raison de cette coïncidence continuera d'être un secret pour nous jusqu'à ce qu'on soit parvenu à connoître les parties composantes des terres. Espérons qu'il ne nous restera pas long-

(1) Les propriétés dont on entend parler, sont celles de former avec les acides des sels colorés lorsqu'elles sont précipitées par l'alcali prussique, ou par une infusion de noix de galle.

tems encore à desirer que ce point si important en chimie soit éclairci. Desormes et Morveau avoient annoncé qu'ils considéroient la potasse comme un composé de chaux et d'hydrogène, et la soude comme formée d'hydrogène et de magnésie. Ils crurent pouvoir inférer des résultats de quelques autres expériences que le carbone, l'azote et l'hydrogène constituent la chaux, et que l'azote et la chaux sont les parties composantes de la magnésie (1). Mais les expériences de Darracq ont démontré que les résultats qu'avoient obtenus ces chimistes étoient dus à l'impureté des substances sur lesquelles ils avoient opéré (2).

---

(1) Mém. de l'Inst. III. 321.
(2) Ann. de chim. XL. 171.

SECONDE DIVISION.

Des composés primaires.

Si la science de la chimie étoit plus avancée, cette division devroit comprendre tous les composés que les corps simples susceptibles d'être enfermés dans des vaisseaux peuvent former entre eux. Mais nous n'avons pas encore une connoissance suffisante de toutes ces combinaisons pour pouvoir en présenter l'ensemble. D'un autre côté, beaucoup de substances dont l'existence nous est connue, n'ont pas encore été examinées avec assez de soin pour qu'il ne nous reste pas d'incertitude sur la véritable place qu'il convient de leur assigner. Ce n'est donc pas de tous les composés primaires que nous traiterons dans cette division, mais seulement de ceux dans l'analyse desquels la chimie a fait le plus de progrès.

Les corps qui peuvent être enfermés dans des vaisseaux ont été divisés en quatre classes, savoir : l'*oxigène*, les *combustibles*, les *incombustibles* et les *métaux*. L'oxigène s'unit à tous les corps des trois autres classes, et avec la plupart d'entre eux, dans des proportions diverses. De cette union avec l'oxigène dans une

proportion, résulte une série de corps désignés par le nom d'*oxide*, incapables de neutraliser les alcalis, tandis que ceux que produit cette union avec l'oxigène dans une autre proportion, peuvent en opérer la neutralisation ; on les appelle *acides*. Chacune de ces deux séries de corps en comprend une variété d'autres d'une grande importance en chimie, et qui méritent par conséquent d'être examinés avec attention. L'union des combustibles entre eux produit une classe très-nombreuse de corps, encore capables de combustion, et qu'on peut appeler *composés combustibles*. Les corps combustibles s'unissent aussi avec ceux *incombustibles* et avec les *métaux*. Les corps incombustibles, autant que nous avons pu jusqu'à présent nous en assurer, ne forment point d'union *entre eux* ni avec les *métaux ;* mais les métaux se combinent ensemble et forment des composés nommés *alliages*. Ainsi donc nous voyons que les composés primaires se divisent naturellement dans les six classes suivantes.

[*Division.*]

1. Oxides.
2. Acides.
3. Composés combustibles.
4. Combinaison des corps, combustibles, et incombustibles.

5. Combinaison des corps combustibles et des métaux.

6. Combinaison des métaux entre eux.

De ces six classes, les deux dernières sont, dans l'état présent de la science, les moins importantes. Les corps qui leur appartiennent méritent à peine d'être soumis à un examen séparé, et c'est par cette raison que nous en avons traité dans le 1er. volume de cet ouvrage en parlant des substances simples dont ils sont formés. Quant à la 4e. classe, nous ne connoissons jusqu'à présent qu'une seule substance que nous puissions lui assigner avec certitude. Cette substance est l'*ammoniaque* que nous avons classée, par les raisons que nous avons déja déduites, parmi les alcalis et les terres. On a pensé que les alcalis fixes, et même les terres, appartiennent à cette classe, aussi bien que l'ammoniaque; mais on n'a pu fournir aucune preuve suffisante à l'appui de cette opinion. Il ne nous reste donc à examiner dans les chapitres qui vont suivre, que les trois premières classes des composés primaires.

CHAPITRE PREMIER.

Des oxides

[*Combinaison d'oxigène.*] Nous avons déja vu que l'oxigène, en se combinant avec les corps dans des proportions diverses, forme une grande variété de composés avec presque chaque substance à laquelle il est susceptible de s'unir. On peut diviser tous ces composés dans lesquels entre l'oxigène, en deux séries, dont la première comprendra ceux qui possèdent les propriétés d'*acides*, et la seconde ceux qui en sont dépourvus. On distingue la première suite des composés par la dénomination d'*acides*, et on a approprié à la seconde celle d'*oxides*. Ainsi, par le terme *oxide*, on entend désigner une substance composée d'oxigène et de quelqu'autre corps, et qui n'a point les propriétés qui appartiennent aux acides. Il n'est pas rare de trouver un composé de la même base et d'oxigène, qui fasse partie de l'une et de l'autre de ces deux séries de corps suivant la proportion d'oxigène qu'il contient. Dans tous ces cas, c'est toujours la plus petite dose d'oxigène qui constitue l'*oxide*

et la plus forte dose, l'*acide*. Il s'ensuit que les oxides contiennent toujours moins d'oxigène que les acides, avec la même base.

Les oxides que nous avons à examiner dans ce chapitre sont les combinaisons de l'oxigène avec les corps combustibles simples, avec ceux incombustibles simples, et avec les métaux, toutes substances qu'on peut appeler les bases de l'oxide; maintenant, les oxides diffèrent considérablement entre eux selon la nature de la base, et la manière dont la combinaison s'est formée; les uns sont des *produits* de combustion, d'autres sont *combustibles*, et d'autres enfin des *soutiens* de combustion. Les oxides métalliques que nous avons déja examinés appartiennent, en partie, à la première, et en partie, à la dernière de ces classes. Les différens oxides (en n'y comprenant pas ceux métalliques), peuvent être classés dans l'ordre suivant.

I. Oxides produits.

Base.	*Nom.*
Hydrogène..	Eau.

II. Oxides combustibles.

Carbone...	Charbon.
	Oxide carbonique. (Oxide de carbone.)
Phosphore..	Oxides de phosphore.
Soufre.....	Oxides de soufre.

III. Oxides soutiens de la combustion.

Base.	*Nom.*
Azote.....	Oxide nitreux.
	Oxide nitrique.
Acide muriatique...	Acide muriatique oxigéné.

Nous allons traiter successivement de ces oxides.

I. Oxides produits.

L'hydrogène diffère des autres corps combustibles simples en ce qu'il ne peut s'unir à l'oxigène que dans une seule proportion, et qu'il forme par cette combinaison un composé entièrement dépourvu des propriétés d'acide. Ce composé est l'*eau*. Il est le résultat de la combustion, et c'est, par conséquent, un *produit*. Et comme tous les autres produits dans lesquels entre l'hydrogène, sont des *acides*, l'*eau* doit être considérée, abstraction faite des oxides métalliques, comme le seul oxide produit jusqu'à présent connu.

SECTION PREMIÈRE.

De l'eau.

Ce liquide si bien connu, répandu avec tant d'abondance sur toutes les parties de la surface du globe, est d'une nécessité indispensable à l'existence des animaux et des végétaux. Il suffit de le distiller pour l'avoir pur; et dans cet état, il est parfaitement transparent, incolore, sans saveur ni odeur.

[*Poids.*] 1. Ce liquide, à raison de ce qu'on l'obtient si facilement à l'état de pureté, ayant été choisi de préférence comme étalon pour évaluer comparativement le poids de tous les autres corps, il est de la plus grande importance de connoître le sien avec précision. Mais sa densité varie avec la température. A celle de 5°.83 centigr. au-dessus de zéro, elle est à son *maximum*, et n'éprouve point de changement sensible à 2 ou 3 degrés au-dessus ou au-dessous de ce terme. Il résulte des expériences faites avec le plus grand soin par Lefebvre-Gineau pour s'assurer du poids du kilogramme (1), qu'un décimètre cube d'eau distillée, à son *maximum* de densité, c'est-à-dire, à la température de 4°.5 centigr. environ,

(1) Jour. de phys. XLIX. 171.

pèse 18827.15 grains, poids de marc, valeur adoptée en conséquence, en France, pour le poids du kilogramme (1). Suivant le professeur Robison d'Edimbourg, un pied cube anglais, ou 28.298404 décimètres cubes d'eau distillée, à la température de 55° Fahrenheit (12°.78 centig.), pèse 998.74 onces, *avoir du pois*, (pesant chacune 437.5 grains troy) ou 532702.7 grains, poids de marc, ou 28.2943833 kilogrammes; ce qui est par conséquent, à très-peu près, le poids du même volume d'eau de pluie, à la même température.

La pesanteur spécifique de l'eau, toujours supposée = 1000, sert de mesure pour déterminer celle de tout autre corps.

[*Glace.*] 2. Lorsque la température de l'eau est refroidie jusqu'au zéro de l'échelle thermométrique centig., elle se convertit en glace. Si cet

(1) Le pied cube français, ou 34.277254 décimètres cubes de la même eau, pèse 70 livres 223 grains, poids de marc, ou 34.277254 kilogrammes; ce qui équivaut à 529452.9492 grains troy, le grain troy étant égal, ainsi qu'il résulte des calculs de M. Thomson, à 1.21828 grain poids de marc; d'où suit, toujours d'après lui, que le pied cube anglais, d'eau distillée au maximum de densité, pèse 437102.4946 grains troy, ou 999.0914161 onces, avoir du pois, ou 28.298404 kilogrammes, évaluation un peu foible. M. Thomson paroît avoir pris 0.825575 pour le rapport du pied cube anglais au pied cube français. Suivant M. Tiberius Cavallo, ce rapport est 0.8261.

abaissement de température n'a eu lieu que très-lentement, la glace prend la forme de cristaux en aiguilles qui se croisent sous des angles de 60, ou 120°, ainsi que M. de Mairan l'a remarqué : on y a souvent observé aussi de larges cristaux de figures déterminées (1). En tenant la glace à une température de beaucoup inférieure à celle de zéro, elle acquiert une grande dureté, et peut être réduite en poudre la plus fine. Elle est élastique ; sa pesanteur spécifique est moindre que celle de l'eau.

[*Vapeur.*] 3. Lorsque l'eau est chauffée à la température de 100°. centigr. au-dessus de zéro, elle entre en ébullition, et se convertit par degrés en vapeur. La vapeur est un fluide invisible comme l'air, mais d'une pesanteur spécifique moindre ; elle occupe environ 1800 fois autant d'espace que l'eau ; son élasticité est si grande qu'elle produit les explosions les plus violentes lorsque des obstacles s'opposent à son libre dégagement. C'est sur ce principe qu'ont été construites les machines à vapeur.

Les phénomènes de l'ébullition de l'eau sont entièrement dus à la formation rapide de la vapeur au fond du vaisseau. Le degré de tempé-

(1) *Voy.* les observations de Gren sur cet objet. Phil. Trans. Abr. II. 54.

rature auquel l'eau commence à bouillir varie en raison de la différence de pression de l'atmosphère. Dans le vide, l'eau bout à 21°.11 cent.; et lorsqu'elle est comprimée dans le digesteur de Papin, elle peut supporter une température approchant de celle de la chaleur rouge sans entrer en ébullition. Par son mélange avec différens sels, l'eau éprouve de grandes variations dans son terme d'ébullition. M. Achard a fait à ce sujet un grand nombre d'expériences, dont les résultats sont présentés dans les tables suivantes (1).

PREMIÈRE CLASSE.

Sels qui ne font point varier le point d'ébullition de l'eau.

Sulfate de cuivre.

DEUXIÈME CLASSE.

Sels qui élèvent le point d'ébullition de l'eau.

Une dissolution saturée de

	élève le point d'ébullition de (Centigr.)
Muriate de soude. . . .	. . . 5°.75
Sulfate de soude. . . .	. . . 3°.11
Sulfate de potasse. . . .	. . . 0°.50
Nitrate de potasse . . .	. . . 1°.34
Acide boracique	. . . 1°.22
Carbonate de soude. . .	. . . 1°.30

(1) Trans. Berlin. 1785.

Cette élévation du point de l'ébullition de l'eau par les sels, varie selon la quantité qu'elle en tient en dissolution, et en général elle est d'autant plus grande, que l'eau approche davantage du terme de sa saturation.

TROISIÈME CLASSE.

Sels qui abaissent le point d'ébullition de l'eau.

		Cent. gr.
Borax	En petite quantité, il abaisse le terme de l'ébullition, de	1°.750
	En dissolution saturée, de	0°.122
Sulfate de magnésie.	En petite quantité	1°.372
	En dissolution saturée	0°.611
Alun	En très-petite quantité	0. 00
	En quantité plus grande	0°.93
	En dissolution saturée	0. 0
Sulfate de chaux	en toute proportion	0°.01
Sulfate de zinc		0°.25
Sulfate de fer		0°.12
Acétate de plomb		0°.69

QUATRIÈME CLASSE.

Muriate d'ammoniaque.	En petite quantité, abaisse de	0°25
	En dissolution saturée, élève de	5°.44
Carbonate de potasse.	En petite quantité, abaisse de	0°.25
	En dissolution saturée, élève de	6°.22

On avoit autrefois supposé que l'eau étoit incompressible, mais le contraire a été démontré par M. Canton. M. Mongez obtint les mêmes résultats d'un grand nombre d'expérienees qu'il fit longtems après sur ee sujet.

[*Action du calorique.*] 4. L'eau n'est point affectée par l'aetion de la lumière. Elle ne paroît pas susceptible d'être déeomposée par la ehaleur. On peut la faire passer par un tube ehauffé au rouge sans qu'elle éprouve aucun ehangement dans sa eonstitution.

[*Elle absorbe l'air.*] 5. Elle a la propriété d'absorber l'air de l'atmosphère. Elle en contient toujours une portion lorsqu'elle y a été exposée. Cet air en est dégagé par l'ébullition; mais il résulte des expériences du docteur Priestley qu'il ne l'est pas en totalité, et qu'il est très-diffieile d'en dépouiller l'eau entièrement. C'est à la présence de eet air que l'eau doit sa saveur agréable, et e'est aussi parce qu'elle en est privée, que l'eau qui a bouilli est insipide. L'eau absorbe le gaz oxigène de préférenee à l'air, et à-peu-près dans la même proportion, ainsi que Schéele s'en est assuré le premier.

[*Comment on peut séparer l'air de l'eau.*] M. Driessen a fait voir que pour séparer de l'eau l'air qu'elle eontient, il falloit la faire bouillir pendant au moins deux heures, et la garder dans

une bouteille renversée sur le mercure. Si, après l'avoir traitée ainsi, on l'expose à l'air, pendant même si peu de tems que ce soit, elle en absorbe immédiatement, ce qui prouve combien est forte son affinité pour ce fluide (1). M. Driessen a indiqué la manière suivante de reconnoître si l'eau est, ou non, parfaitement dépouillée d'air. Donnez une teinte bleue à l'eau avec du tournesol, remplissez-en un flacon que vous renverserez sur l'eau; introduisez-y alors environ les 0.10 de gaz nitreux pur; si cette eau contient de l'air, une partie du gaz nitreux se combinera avec son oxigène, et sera convertie en acide nitrique, et la couleur bleue du tournesol sera changée en rouge. On peut même évaluer la proportion de l'air présent dans l'eau par la quantité d'ammoniaque qui deviendra nécessaire pour restituer, et faire reparoître la couleur bleue du tournesol. Si par ce mode d'essai la couleur bleue du tournesol se maintient sans tourner en aucune manière perceptible au rouge, on pourra en conclure avec certitude que l'eau qui y a été soumise ne contient pas sensiblement d'air (2). Il convient d'observer cependant que cette expérience, ne réus-

(1) Phil. Trans. 1803. 252.
(2) Phil. Mag. 1803, XV. 252.

sit d'une manière satisfaisante qu'autant que le gaz oxigène est en proportion plus qu'ordinaire dans l'eau, car en agitant le gaz nitreux dans de bonne eau de source, il ne se produit aucun effet.

[*Action des combustibles simples.*] 6. L'eau n'a aucune action sur les combustibles simples, et ne se combine avec aucun d'eux lorsqu'elle est froide. L'hydrogène ne paroît pas non plus avoir de l'attraction pour l'eau, même à une chaleur rouge; mais à cette température, le charbon la décompose. Il se forme de l'acide carbonique, et plusieurs sortes d'air inflammable pesant.

On n'a reconnu jusqu'à présent dans le soufre aucune faculté décomposante de l'eau, et l'action que le phosphore peut exercer sur elle à une chaleur rouge, n'a point été examinée.

[*Des métaux.*] 7. Parmi les métaux, le fer, le zinc, l'antimoine et l'étain, décomposent l'eau à l'aide de la chaleur. L'argent, l'or, le cuivre et le platine, n'ont aucune action sur elle. On n'a point essayé celle des autres métaux sur ce liquide à une chaleur rouge (1).

[*Des alcalis et terres*] 8. L'eau dissout les alcalis, ainsi que les terres alcalines, et n'attaque

(1) Mém. Par. 1781, I. 273.

point les terres pures. Elle dissout aussi les acides et les sels, et peut se combiner avec un grand nombre de corps.

[*L'eau se combine sous deux formes.*] 9. L'eau a la propriété de s'unir aux corps de deux manières différentes. Elle en dissout quelques-uns, tels que le muriate de soude, le sucre, etc. et ces corps deviennent liquides comme elle, tandis qu'il est d'autres substances, qui en s'y combinant, conservent leur solidité. C'est l'eau qui dans ce cas, quitte sa forme de liquide pour prendre celle de la substance à laquelle elle est unie. C'est ce qui a lieu avec la chaux, l'alumine, avec un grand nombre de substances salines, et d'oxides métalliques différens. Lorsque le composé que forme l'eau avec une autre substance conserve l'état liquide, la proportion dans laquelle l'eau se combine est illimitée; la quantité en est toujours, au contraire, dans un rapport déterminé, lorsque la combinaison produite est solide.

Les chimistes n'avoient pendant longtems porté toute leur attention que sur la première de ces deux espèces de combinaisons qu'on appelle *dissolution* des corps dans l'eau, lorsque Proust la dirigea sur celles, presqu'entièrement négligées, dans lesquelles l'eau devient solide et qu'il distingua par la dénomination d'*hydrates*.

[*Hydrates.*] Ainsi, dans le langage de Proust, la combinaison de l'eau avec la chaux, ordinairement appelée *chaux éteinte*, est un *hydrate* de chaux. Les cristaux de barite, et de strontiane, sont des hydrates de ces terres alcalines, comme la potasse et la soude cristallisées sont des hydrates de ces alcalis fixes. Quoique le terme *hydrate* soit, à quelques égards susceptible d'objections, nous continuerons cependant de l'employer à défaut d'autre plus convenable. Les composés appelés *hydrates* méritent d'être particulièrement considérés en ce qu'ils diffèrent d'une manière très-sensible dans leurs propriétés, des corps avec lesquels on les a jusqu'alors confondus : c'est ainsi que, sous plusieurs rapports, les hydrates de chaux, de barite, de potasse, etc., doivent être distingués de la chaux, de la barite, de la potasse, etc.

[*Hydrates alcalins et terreux.*] Les hydrates de potasse, et de soude, sont cristallisés, et contiennent toujours une proportion d'eau déterminée, évaluée par Proust aux 0.30 environ. Leur dissolution dans l'eau produit du froid, tandis que celle des alcalis en poudre donne de la chaleur. Les mêmes observations s'appliquent aux hydrates de barite et de strontiane. L'eau entre en proportion beaucoup plus considérable dans la composition des hydrates

dont nous venons de parler que dans sa combinaison avec la chaux. Il en résulte que l'hydrate de chaux ne peut pas prendre la forme cristalline, et qu'il reste ordinairement sous celle d'une poudre. On sait néanmoins qu'il retient l'eau avec une grande force et que sa formation est une des principales causes de la solidification du mortier (1). L'hydrate d'alumine n'est pas moins remarquable par la même particularité. Cette substance est celle qu'a désignée Saussure par la dénomination *d'alumine spongieuse*.

[*Hydrates métalliques.*] Mais de tous les hydrates ce sont ceux des oxides métalliques qui attirèrent les premiers, et plus particulièrement l'attention de Proust, et qui le portèrent à inventer le mot *hydrate*, par lequel il crut convenable de distinguer tous les composés de cette nature. Ses observations, en ce qui concerne *l'hydrate de cuivre*, ont été révoquées en doute par Berthollet (2), mais ses argumens ne me paroissent pas suffisamment concluans pour renverser une théorie aussi ingénieuse que celle du chimiste espagnol. Il a bien démontré que *l'hydrate de cuivre* retient habituellement une petite portion d'acide, mais il n'a pas fait voir

(1) Proust. *Jour. de phys.* LIX. 347.
(2) Statique chimique. II. 455.

qu'il dût ses propriétés particulières à cet acide, tandis que Proust a rendu l'opinion contraire plus que probable en s'assurant que les propriétés de l'hydrate ne changent point, lors même que la proportion d'acide varie, et qu'elle est diminuée de manière que sa présence n'y soit plus perceptible.

[*Hydrate de cuivre.*] Lorsqu'on verse, en quantité suffisante, une dissolution de potasse dans une dissolution de cuivre par l'acide nitrique, il se précipite au fond du vase une poudre bleue qui après avoir été suffisamment lavée et convenablement séchée, prend de la cohérence et forme une masse fragile à cassure vitreuse. Cette masse est l'hydrate de cuivre. Sa saveur est extraordinairement désagréable. Il agit avec une grande énergie sur le système lorsqu'on le prend à l'intérieur, ou même lorsqu'on le garde dans la bouche. Il abandonne par la distillation 25 parties d'eau, il en reste 75 d'un oxide noir de cuivre.

[*Hydrate de fer.*] En traitant de la même manière une dissolution de fer par l'acide sulfurique, le précipité vert en poudre qu'on obtient est un hydrate de fer. Ces deux hydrates perdent facilement leur eau, que quelques-uns des autres hydrates des oxides métalliques retiennent avec une grande force. Tels sont

particulièrement les hydrates de nickel, et de cobalt, qui résistent à l'action d'un feu très-violent (1).

[*Hydrate d'étain.*] Si l'on précipite par la potasse une dissolution d'étain dans l'acide muriatique, la poudre blanche qui se dépose, lavée et séchée à la chaleur de l'eau bouillante, est un hydrate d'étain. En la distillant dans une cornue, elle perd les 0.05 de son eau, et se convertit en protoxide d'étain (2).

La plupart des hydrates métalliques sont remarquables par l'éclat de leurs couleurs. Ils sont beaucoup plus facilement dissolubles par les acides que les oxides, et lorsqu'on en met dans la bouche, ils affectent l'organe du goût, et même beaucoup plus puissamment que ne le font les sels métalliques.

[*Les gaz contiennent de l'eau.*] 10. Tous les gaz, dans l'état ordinaire, contiennent une certaine quantité d'eau qui leur est combinée et qui s'élève souvent à une proportion considérable de leur poids. On peut leur enlever une partie de cette eau en les présentant à des substances qui ont une forte affinité pour elle, telle par exemple que la potasse sèche, mais ils en

(1) Proust. *Jour. de phys.* LIX. 347.
(2) *Ibid.* p. 338.

retiennent une portion dont nous n'avons peut-être aucun moyen en notre pouvoir de les dépouiller.

[*Opinions sur la nature de l'eau.*] 11. Les anciens avoient considéré l'eau comme l'un des quatre élémens dont chacun des autres corps est composé. Elle étoit, suivant Hypocrate, la substance qui nourrit, et entretient la vie des plantes et des animaux. Vanhelmont fut le premier, qui ayant essayé de conserver pendant très-longtems des plantes dans de l'eau, crut pouvoir conclure de ses expériences que ce liquide étoit susceptible de se convertir dans toutes les substances que contiennent les végétaux. M. Boyle ayant laissé pendant un an de l'eau pure dans un vase de verre hermétiquement fermé, il y trouva une certaine quantité d'écailles terreuses qu'il considéra comme provenant d'une portion de l'eau qui s'étoit changée en terre (1). Il obtint la même terre en distillant à feu lent de l'eau dans un vase de verre élevé (2). Margraf répéta l'expérience dont il eut le même résultat, et dont il tira la même conclusion, mais l'opinion de ces chimistes ne fut jamais généralement

(1) Schaw's, Boyle. III. 417.
(2) *Ibid.* I. 267.

admise (1). M. Waselton qui publia ses expériences à ce sujet dans le *journal* de *physique*, pour 1780, fut vraisemblablement le dernier qui l'ait adoptée. M. Lavoisier prouva en 1773 que les vaisseaux de verre dans lesquels la distillation s'étoit faite, avoient perdu de leur poids une quantité exactement égale au poids de la terre obtenue, d'où il s'ensuivoit irrésistiblement que cette espèce de terre, qui étoit de la silice que le verre contient en grande proportion, provenoit de la décomposition des vaisseaux. Il a été démontré par Priestley que l'eau décompose toujours le verre lorsqu'il reste pendant longtems en contact avec sa surface à une haute température.

[*Histoire de la découverte de ses parties composantes.*] On sait actuellement que l'eau est un oxide d'hydrogène, c'est-à-dire, un composé d'oxigène et d'hydrogène. Comme cette découverte a presqu'entièrement changé l'aspect de la science de la chimie, en fournissant un moyen d'expliquer un grand nombre de phénomènes qui n'avoient pu l'être jusqu'alors, il nous paroît digne de notre sujet de tracer plus particulièrement la route par laquelle on y est progressivement parvenu.

Il est vraisemblable que Schéele est le pre-

(3) Watson's *Chemical Essays.* IV. 257.

mier qui essaya de connoître quel pouvoit être le résultat de la combustion du gaz hydrogène. Il trouva que, pendant qu'elle avoit lieu, l'oxigène et l'hydrogène se combinoient, et que le produit étoit du calorique.

En 1776, Macquer et Sigaud de Lafond mirent le feu à une bouteille remplie de gaz hydrogène, en plaçant au-dessus de la flamme une soucoupe de porcelaine, afin de s'assurer s'il se produiroit quelque vapeur fuligineuse. La soucoupe resta parfaitement nette; mais on y apperçevoit quelques gouttes d'un liquide clair qu'ils reconnurent être de l'eau pure (1).

L'année d'après, Bucquet et Lavoisier firent détoner un mélange de gaz hydrogène et oxigène, pour en connoître le produit. Ils n'étoient pas d'accord dans leurs conjectures. Bucquet avoit supposé que ce produit devoit être de l'acide carbonique, et Lavoisier avoit au contraire soupçonné que ce seroit de l'acide sulfurique ou sulfureux. Ils ne découvrirent pas la nature du produit; mais ils s'assurèrent qu'il n'y avoit point eu de gaz acide carbonique formé, et par conséquent ils reconnurent que l'hypothèse de M. Bucquet n'étoit pas fondée (2).

---

(1) Macquer, *Dictionnaire*, art. *Gaz inflammable.*

(2) Mém. par., 1781. 470.

Au commencement de 1781, M. Warltire, sur l'invitation que lui en fit le docteur Priestley, mit le feu à un mélange de ces deux gaz, contenu dans un vaisseau de cuivre, et il observa qu'après l'expérience, le poids du tout étoit diminué. Le docteur Priestley avoit préalablement fait, en présence de M. Warltire, la même expérience dans un vaisseau de verre. Le vaisseau étoit devenu humide dans son intérieur, et étoit couvert d'une espèce de suie (1), que depuis, le docteur Priestley supposa être une portion du mercure dont on s'étoit servi pour l'introduction des gaz dans le vase (2).

Dans l'été de 1781, M. Cavendish, qui avoit eu connoissance des expériences de Priestley et de Warltire, fit détoner un mélange de 32370 gram., mesure, de gaz hydrogène, et de deux fois et demie environ cette même quantité d'air atmosphérique. Il obtint, par ce procédé, 8.740 gram. d'eau pure. Il fit détoner également un mélange de 1262 gram. mesure, de gaz oxigène, et de 2595 gram. de gaz hydrogène, et il obtint 1.942 grammes d'eau contenant un peu d'acide

(1) Priestley. V. 395.
(2) Phil. Trans. LXXIV. 332.

nitrique. Il conclut de ces expériences que l'eau est un composé. M. Cavendish doit donc être bien réellement considéré comme ayant fait la découverte de la composition de l'eau. Il reconnut le premier qu'il se produit de l'eau par la combustion des gaz oxigène et hydrogène, et le premier, il tira de ce fait la conclusion convenable.

M. Watt avoit bien réellement aussi déduit les mêmes conséquences des expériences du docteur Priestley et de M. Warltire; il en avoit fait lui-même un grand nombre pour s'assurer du phénomène, avant que M. Cavendish l'eut annoncé; mais il avoit été détourné de publier sa théorie par quelques expériences du docteur Priestley, qui lui sembloient y être contraires. M. Watt a donc aussi droit de prétendre au mérite de la découverte, et ce droit ne peut nuire à celui de M. Cavendish, qui n'eut aucune connoissance de la théorie, et des expériences de ce chimiste.

Sur ces entrefaites, et dans l'hiver de 1781 à 1782, Lavoisier, qui avoit présumé que le produit de la combustion des gaz oxigène, et hydrogène, étoit de l'acide sulfurique ou sulfureux, fit, assisté de M. Gingembre, une expérience pour s'assurer de ce fait. Ils remplirent de gaz hydrogène une bouteille de la contenance d'environ 6 lit.; ils y mirent le feu, et après y avoir

versé environ 61 gr. d'eau de chaux, ils fermèrent la bouteille avec un bouchon de liége traversé par un tube de cuivre au moyen duquel on y introduisoit du gaz oxigène, afin d'entretenir la flamme. Ils répétèrent trois fois cette expérience en substituant à l'eau de chaux une dissolution foible d'alcali dans de l'eau pure, et ils n'observèrent aucun produit quelconque (1). Lavoisier extrêmement surpris d'un semblable résultat, se décida à recommencer l'expérience plus en grand, et autant que possible, avec plus d'exactitude encore. Il se procura un appareil au moyen duquel, à l'aide de tuyaux garnis de robinets, il put prolonger la combustion tout aussi longtems qu'il le jugeroit convenable, en fournissant continuellement l'un et l'autre des gaz, oxigène, et hydrogène, dans la proportion nécessaire, à mesure qu'ils viendroient à manquer.

L'expérience fut faite par Lavoisier et La Place, le 24 juin 1783, en présence de MM. Leroy, Vandermonde, de plusieurs autres académiciens, et de Charles Blagden, qui leur annonça que Cavendish, qui l'avoit déja tentée, en avoit obtenu de l'eau (2). Ils continuèrent

(1) Mém. Par. 1781, p. 470.
(2) *Ibid.* p. 472.

l'inflammation jusqu'à ce que leur provision de gaz eût été épuisée, et ils eurent pour résultat 15.668 gram. d'eau, qu'ils reconnurent être parfaitement pure. Lavoisier crut pouvoir conclure de cette expérience, que l'eau est un composé d'oxigène et d'hydrogène. Elle fut répétée quelque tems après par Mongez, qui en obtint un produit semblable. Enfin Lavoisier et Meusnier la firent de nouveau sur une échelle suffisamment grande pour ne plus laisser aucun doute sur la réalité de son résultat (1).

[*Preuves.*] La preuve que l'eau est un composé d'oxigène et d'hydrogène, résulte de ce que, par leur combustion, ces deux gaz mêlés ensemble dans des proportions convenables disparoissent presqu'entièrement l'un et l'autre, et sont remplacés par une quantité d'eau pure tout aussi approximativement égale à ce qui manque de leur poids, qu'il est possible qu'elle le soit dans des expériences d'une nature aussi délicate. On fait passer lentement, au moyen d'un tube garni d'un robinet, le gaz hydrogène, du gazomètre de verre qui le contient, dans le ballon de verre où le gaz oxigène a été introduit. On l'allume ensuite à l'extrémité de ce tube, soit par l'électricité, soit avec un peu de phosphore;

(1) Mém. par. 1781, p. 74.

il continue de brûler jusqu'à ce qu'il soit consumé presqu'en totalité. On fait arriver au besoin et de la même manière, dans le ballon où se fait la combustion des gaz, de nouvelles portions de gaz oxigène. L'eau, à mesure qu'elle se forme dans cette expérience, se condense sur les parois du ballon. Il y a des précautions indispensables à prendre pour s'assurer de la pureté des gaz, de leur poids, et pour reconnoître la nature de celui qui reste après la combustion. De toutes les expériences de ce genre, la plus remarquable par l'importance de ses résultats, est celle qui fut faite en 1790 par Seguin, Fourcroy et Vauquelin (1). Le volume des gaz qui y furent employés étoit,

SAVOIR :

	Centim cubes.
Gaz hydrogène	514856.817 (2)
Gaz oxigène	247297.928 (3)
Volume total	762154.745

Le poids de l'eau obtenue s'élevoit à 384.819 gram. Cette eau ne donnoit aucun indice d'aci-

(1) Ann. de chim. VIII. 230.

(2) Du poids moyen de 0.04045 de grain, poids de marc, le pouce cube, dans cette expérience.

(3) Du poids moyen de 0.4925 de grain, poids de marc.

dité, et paroissoit être absolument pure. Sa pesanteur spécifique étoit à celle de l'eau distillée :: 18671 : 18670, ou à-peu-près :: 1.000053 : 1.

Il restoit dans le ballon, après la combustion, 19559.15 centimètres cubes d'un gaz qu'après examen et essais, on a trouvé consister en

	Centim. cubes.
Gaz azote	9254.43
Gaz acide carbonique	772.85
Gaz oxigène	9214.80
Gaz hydrogène	317.07
TOTAL	19559.15

Or le poids total des gaz employés étoit

	Grammes.
de	410.025
Celui de l'eau obtenue et du résidu.	409.747
Différence	0.278

Dans les expériences de cette nature, il ne paroît pas possible d'obtenir un résultat qui approche de plus près de l'égalité exacte. La présence du gaz azote qui, après la combustion, se trouve en excédant de ce qu'en pouvoit contenir l'oxigène, ne peut s'expliquer que par la supposition qu'il y a eu accès d'air atmosphérique dans les vaisseaux pendant l'opération, ou qu'ils n'en

avoient pas été totalement vidés. Comme il avoit été pris des précautions convenables pour prévenir toute introduction de gaz acide carbonique, il falloit que la quantité qui s'en trouvoit dans le résidu eût été produite pendant l'opération. Or on sait que le zinc contient souvent du carbone, et que l'hydrogène a la propriété de le dissoudre. Il est donc probable que le carbone sera provenu du zinc qui avoit servi à préparer le gaz hydrogène. La quantité du gaz acide carbonique trouvée dans le résidu, s'élevoit à 1.508 gram. qui, suivant le calcul de Lavoisier, contenoient 0.580 gram. de carbone, et 0.928 gram. d'oxigène.

En retranchant ces 0.580 gram. de carbone, et 0.036 gram. pour le poids des 317 centim. cubes de gaz hydrogène restant dans le ballon, du poids total du gaz hydrogène introduit, on aura 55.200 gram. pour la totalité du gaz hydrogène qui a disparu.

Si l'on soustrait de même les 0.928 gramm. de gaz oxigène qui sont entrés dans la formation du gaz acide carbonique, et les 12.2 gram. de ce gaz qui se trouvoient faire partie du résidu dans le ballon, on aura, pour la quantité d'oxigène disparu, 329.838 gram.

	Gramm.
Hydrogène disparu.....	55.020
Oxigène *idem*.....	329.838
TOTAL.....	385.043
Quantité d'eau obtenue.....	384.819
Quantité moindre que celle des gaz consumés de.....	0.224

Il est impossible de rendre autrement raison de la coïncidence exacte du poids de la quantité d'eau condensée avec celui des gaz consumés, qu'en supposant cette eau composée de ces corps. D'après cette expérience, cette composition de l'eau se trouveroit être, sur 100 grammes, dans les proportions de

Gramm.	
85.662	Oxigène.
14.338	Hydrogène.
100.000	

Cependant Priestley, qui fit un grand nombre d'expériences sur ce sujet, en tira une conclusion bien différente, car il crut s'être assuré que le produit de la combinaison des deux gaz pendant la combustion, est de l'acide nitrique.

Cette théorie fut adoptée, ou plutôt même,

elle fut suggérée par M. Keir qui l'a soutenue d'une manière bien ingénieuse (1).

Examinons ces expériences de Priestley, et voyons jusqu'à quel point les conséquences qu'il en a déduites peuvent être fondées.

La combustion des gaz eut lieu dans des vaisseaux de cuivre. Il trouva que la quantité d'eau obtenue étoit toujours *moindre* que celle des gaz employés. Il obtenoit aussi une quantité considérable d'acide nitrique : dans celle de ses expériences où il avoit opéré le plus en grand, la quantité de liquide produit s'élevoit à 442 grains (troy). Ce liquide étoit de couleur verte : il s'y déposa 72 grains troy d'un oxide brun de cuivre, et il tenoit en dissolution du nitrate de cuivre (cuivre combinéavec l'acide nitrique). M. Keir fit l'analyse de cette liqueur, et trouva qu'elle consistoit en eau pure et en nitrate de cuivre ; il en conclut que l'acide nitrique formé s'élevoit aux 0.05 du gaz oxigène employé. Suivant le docteur Priestley, les gaz oxigène et hydrogène qui ont disparu dans l'expérience se sont combinés, et ont formé de l'acide nitrique, mais la quantité de cet acide n'étant que des 0.05 de leur poids, il suppose que tout le surplus du poids des gaz employés

(1) Keir's *Dictionnary*, art. *Acide nitrique.*

est dû à de l'eau qu'ils avoient retenue en dissolution. Ainsi en négligeant le gaz hydrogène, que le docteur Priestley n'a pu prendre en aucune considération, le gaz oxigène seroit composé d'une partie d'oxigène et de 19 parties d'eau ; mais où en est la preuve ? M. Priestley nous apprend qu'il s'est assuré par expérience que la moitié du poids du gaz acide carbonique étoit de l'eau pure ; en supposant cette expérience exacte, il n'y auroit sûrement pas lieu d'en conclure que le gaz oxigène, consiste pour les 0.95, ou la presque totalité de son poids, en eau. Il est donc impossible, d'après les expériences même du docteur Priestley, et en laissant subsister ses ingénieuses suppositions et conjectures dans toute leur force, de rendre raison de la disparition des deux gaz, ou de l'apparence de l'eau, sans admettre que ce liquide est en effet un composé d'oxigène et d'hydrogène. Si l'on observe, de plus, qu'on peut à peine se procurer du gaz oxigène entièrement dégagé de tout mélange d'azote ; que celui que le docteur Priestley employoit provenoit toujours de l'oxide rouge de plomb, de l'oxide noir de manganèse, ou de l'oxide rouge de mercure, toutes substances qui abandonnent une proportion considérable d'azote, et enfin qu'il n'est plus possible de douter que

l'acide nitrique ne soit un composé d'oxigène et d'azote, il ne sera pas difficile d'expliquer l'origine de celui qu'il obtint dans ses expériences. En se rappelant que dans celle de Seguin, faite beaucoup plus en grand, il n'y a point eu formation d'acide nitrique, on ne pourra pas sans doute se persuader que le composé résultant de la combinaison de l'oxigène et de l'hydrogène soit cet acide ; ainsi les expériences du docteur Priestley confirment, plutôt qu'elles ne la détruisent, la théorie de la composition de l'eau.

La preuve de la composition de l'eau par la combustion du gaz hydrogène, devient encore plus forte par l'expérience inverse. En soumettant de l'eau à des commotions électriques, il s'en décompose une portion qui est convertie en gaz, oxigène, et hydrogène. MM. Troostwyck et Dieman, assistés de M. Cuthbertson, remplirent d'eau distillée un petit tube de verre de 324 millim. de long, et d'environ 4 millim. de diamètre. On avoit fermé hermétiquement ce petit tube à l'une de ses extrémités par laquelle cependant, on avoit fait entrer un fil d'or dans le tube. Par l'extrémité ouverte de ce tube, on y avoit également introduit un autre fil semblable qui pouvoit y être fixé à une distance plus ou

moins grande du premier. C'est au moyen de ces fils qu'on faisoit passer à travers l'eau les explosions électriques. Il se formoit à l'extrémité de chacuns d'eux des bulles d'air qui se réunissoient à la partie supérieure du tube; en les faisant traverser par des étincelles électriques, elles détonoient et disparoissoient presqu'entièrement. Elles consistoient donc dans un mélange de gaz, oxigène, et hydrogène, et ces gaz avoient dû provenir de la décomposition de l'eau; car on avoit eu soin de la dépouiller entièrement d'air avant de s'en servir, et toutes les précautions convenables avoient été prises pour prévenir tout accès de l'air atmosphérique : d'ailleurs, en opérant plusieurs fois de la même manière sur la même eau, la quantité de gaz produite, loin de diminuer augmentoit, ce qui n'auroit pas eu lieu si ces gaz ne fussent provenus que de l'air dissous dans cette eau : et si ç'eût été de l'air atmosphérique, il n'eût pas détoné en ne laissant qu'un très-petit résidu, qui n'en excédoit pas les 0.012. On s'étoit également assuré (1) que l'explosion électrique ne contribue pas à la formation du gaz hydrogène, car en y soumettant

(1) Journ. de phys. XXXV. 369.

des acides, sulfurique, et nitrique, on n'avoit obtenu que du gaz oxigène.

Ces expériences ont été répétées depuis par le docteur Pearson, conjointement avec M. Cuthbertson. Ils séparèrent de l'eau par l'électricité 56.5488 mesures cubes de gaz d'environ 3 millim. chacune. En ajoutant de l'acide nitreux à ce gaz, il éprouvoit une diminution de volume, et il paroissoit y avoir eu formation d'acide nitrique; il contenoit donc du gaz oxigène. En mêlant du gaz oxigène au gaz restant après l'addition de l'acide nitreux, et en y faisant passer l'étincelle électrique, elle produisoit absolument les mêmes effets que sur un mélange de gaz oxigène et hydrogène. Il y avoit donc aussi de l'hydrogène dans le gaz, et lorsqu'après avoir été produit par la décomposition de l'eau, il disparoissoit par l'étincelle électrique, c'est sans aucun doute, parce qu'alors il se reformoit en eau (1).

Telles sont les preuves par lesquelles on s'est assuré de la nature des parties composantes de l'eau. Si on les considère avec attention, et qu'on les compare avec un grand nombre d'autres phénomènes chimiques, qui tous tendent à les confirmer et à les établir, on ne pourra,

(1) Nicholson's *Jour.* I. 242.

je pense, se dispenser de convenir, qu'il n'est peut-être aucun fait physique quelconque plus complètement et plus évidemment constaté. Il y a bien à la vérité quelques effets galvaniques qui semblent y être en quelque sorte contraires, mais la nature de cette puissance est encore trop peu connue pour qu'on puisse même asseoir avec fondement quelques conjectures sur son mode d'action (1).

II. Oxides combustibles.

Les oxides formés par tous les corps combustibles simples, l'hydrogène excepté, sont combustibles, et ne peuvent être par conséquent le résultat de la combustion. La composition de ces oxides n'est encore qu'imparfaitement connue, à raison de l'extrême difficulté que présente leur examen

---

(1) Je ne connois pas d'effets galvaniques qui se trouvent en opposition avec la théorie de la composition de l'eau; je peux, au contraire, citer une expérience galvanique qui la confirme de la manière la plus évidente et la plus complète.

L'objet de cette expérience étoit de vérifier la découverte annoncée par Pacchiani, de Pise, de la formation d'acide muriatique dans de l'eau distillée soumise à l'action de la pile de Volta. L'appareil consistoit aussi en un tube de verre rempli d'eau distillée, dans lequel on avoit introduit deux fils d'or pur à très-peu de distance

SECTION II.

Oxides de carbone.

C'est une opinion aujourd'hui presque généralement reçue, que le carbone est susceptible de s'unir à l'oxigène au moins en trois

---

l'un de l'autre ; mais ce tube avoit été hermétiquement fermé à la lampe, et à son extrémité supérieure on avoit soudé un autre tube capillaire reconrbé, également rempli d'eau distillée, destiné à être placé dans un appareil pneumatique. On pouvoit ainsi recueillir facilement les gaz dégagés des extrémités des fils d'or par l'action de la pile, mais seulement dans leur état de mélange. L'activité de la pile, dans cette expérience, fut prolongée sans interruption pendant 34 jours. La totalité du gaz obtenu étoit d'environ 7930 millim. cubes. Ce gaz ayant été essayé avec toutes les précautions convenables par du gaz nitreux, et par l'étincelle électrique, dans les eudiomètres de Fontana et de Volta, on s'est assuré qu'il étoit un mélange des gaz oxigène et hydrogène, et que le premier de ces gaz, l'oxigène, s'y trouvoit être dans la proportion des 0.31 en volume.

Ces résultats s'accordent donc parfaitement avec la théorie de la composition de l'eau, puisque ce liquide a été réduit en ses deux parties constituantes, et dans la même proportion selon laquelle elles y sont combinées. (Voir, pour le détail de cette expérience, le LVIe. vol. des Ann. de chim. p. 152.)

(*Note du traducteur.*)

différentes doses, et de former dans ces divers états de combinaison trois composés, dont deux sont des *oxides* et l'autre un *acide*. Les deux oxides sont l'*oxide carboneux*, qui est une espèce de charbon, et l'*oxide carbonique* qui est un gaz combustible. Il a déja été donné, dans la précédente partie de cet ouvrage, un court exposé des propriétés de chacun de ces oxides; nous croyons nécessaire de les considérer ici dans un plus grand détail.

I. Du charbon et de l'oxide carboneux.

Avant que les expériences de Morveau sur le diamant eussent été connues, les chimistes s'étoient accoutumés à confondre ensemble le *carbone* et le *charbon*, quoique Lavoisier qui regardoit bien ces substances comme étant distinctes l'une de l'autre, eut inventé le mot *carbone* pour désigner spécialement celle qu'il considéroit comme n'étant pas la même chose que le charbon. Lorsque cette distinction eut été admise par les chimistes, ils commirent, en confondant le charbon avec l'*oxide carboneux*, une erreur nouvelle qui se prolongea jusqu'à ce qu'elle eût été, en quelque sorte, rectifiée par Cruikshanks, et Berthollet.

[*Deux espèces de charbon ordinaire.*]

1. Le charbon préparé à la manière ordinaire,

en exposant le bois dans des vaisseaux fermés à une chaleur rouge, contient toujours une portion d'hydrogène, car on obtient une grande quantité de gaz, lorsqu'on chauffe fortement ce charbon dans une cornue de porcelaine, de fer, ou de verre garnie d'un enduit terreux. Le gaz qui passe d'abord est un mélange d'acide carbonique et de gaz inflammable pesant; mais la proportion de l'acide carbonique diminue, et à la fin il ne s'en dégage plus, tandis que le gaz inflammable continue d'être tout aussi abondant (1).

Les chimistes attribuèrent pendant longtems le dégagement de ces gaz à l'eau que le charbon contient habituellement, et qu'on sait qu'il absorbe de l'atmosphère avec une grande avidité; mais s'il en étoit ainsi, la proportion du gaz inflammable devroit diminuer comme celle de l'acide carbonique; car l'hydrogène du gaz inflammable pesant provient tout aussi bien de l'eau que l'oxigène qui produit l'acide carbonique, et cependant le dégagement du gaz inflammable continue, lorsque celui du gaz acide carbonique a cessé d'avoir lieu. Il n'est donc guère possible de nier que l'hydrogène

(1) Cruikshanks, Nicholson's *Jour.*, 1802. I. 210.

qui s'échappe alors, ne soit une des parties composantes du charbon.

Si nous considérons donc les expériences de Morveau sur la combustion du diamant comme décisives, nous devons en conclure que le charbon ordinaire est un composé triple de carbone, d'hydrogène et d'oxigène. Cette opinion est aujourd'hui généralement reçue par les chimistes, et Berthollet lui-même, qui a révoqué en doute beaucoup des combinaisons du carbone, la reconnoît comme vraie.

[*Charbon préparé.*] 2. Le charbon ordinaire chauffé pendant une heure à un feu de forge dans un creuset fermé, cesse d'émettre du gaz, et à quelque degré de chaleur qu'on l'expose ensuite, il ne s'en dégage plus (1). Desormes et Clément ont essayé de démontrer que le charbon est ainsi dépouillé de la totalité de son hydrogène. Ils mirent dans le milieu d'un long tube de verre, du charbon ordinaire qui venoit d'être chauffé à la forge pendant une heure, et qui n'étoit pas encore entièrement refroidi. Aux extrémités de ce tube, ils en ajustèrent deux autres contenant des quantités données de *muriate de chaux*

(1) Desormes et Clément. Ann. de chim. XXXIX. 29.

bien sec, plongeant dans un mélange de neige et de muriate de soude, et garnis à leurs extrémités, l'un d'une vessie vide, et l'autre d'une vessie en partie remplie de gaz oxigène. Ils chauffèrent le charbon au rouge en plaçant le grand tube, par son milieu, dans un fourneau; ils firent alors passer lentement le gaz oxigène. La combustion du charbon eut lieu, et il fut converti en acide carbonique : le gaz oxigène, en traversant le muriate de chaux avant d'arriver au charbon, avoit dû y déposer l'humidité qu'il pouvoit contenir, et la quantité devoit en être connue par l'augmentation de poids du muriate. D'un autre côté, s'il y avoit eu de l'hydrogène dans le charbon, il auroit dû, pendant sa combustion, se former de l'eau qui se seroit unie au gaz acide carbonique produit, et la proportion de cette eau que le gaz, dans son passage à travers le muriate de chaux pour arriver à la vessie vide y auroit abandonnée, eût été déduite de l'accroissement de poids du muriate. Cette augmentation ne fut, dans l'un et l'autre tube, que de 0.02 ; si l'on suppose que dans le tube qu'avoit traversé l'acide carbonique après la combustion du charbon, l'augmentation de poids du muriate soit due à de l'eau formée par cette combustion, la quantité d'hydrogène qui y

seroit contenue ne s'éleveroit qu'aux 0.00066 du charbon, et seroit par conséquent trop petite pour être prise en considération (1).

Desormes et Clément firent ces essais de combustion sur des charbons obtenus d'une grande variété d'autres substances et chauffés à un feu de forge, telles que du charbon de terre, et de différentes substances animales et végétales; les produits s'en trouvèrent être absolument les mêmes. Ils en conclurent que tous les charbons, lorsqu'ils ont été suffisamment chauffés, sont les mêmes, et que par une forte chaleur, on sépare totalement l'hydrogène du charbon ordinaire.

Mais ces chimistes ont été trop loin sur les conséquences qu'ils ont tirées des résultats de leurs expériences. Cruikshanks s'est au contraire assuré par celles qu'il a faites, que les gaz obtenus du charbon ordinaire, dans quelqu'état qu'il soit, contiennent toujours de l'hydrogène, et Berthollet a relevé, en outre, quelques circonstances qui peuvent rendre en quelque sorte douteuse la précision des chimistes Desormes et Clément.

[*Les deux espèces de charbon contiennent, l'une et l'autre, de l'hydrogène.*] 3. Il résulte de

(1) Ann. de chim. XLII. 123.

ces faits actuellement connus concernant la composition du charbon, qu'on peut le considérer comme étant de deux espèces; savoir, *le charbon ordinaire* et *le charbon préparé*. La première est un composé de carbone, d'hydrogène et d'oxigène, et dans la seconde le charbon, qui a déja perdu une portion de son hydrogène et de son oxigène, ne consiste principalement qu'en carbone et en oxigène unis ensemble. Mais il retient encore une petite portion d'hydrogène, et n'est pas, strictement parlant, un oxide pur de carbone quoiqu'il approche de très-près de cet état.

4. Lors même qu'on se refuseroit à s'en rapporter aux conclusions de Morveau, tirées de ses expériences sur le diamant, il ne s'ensuivroit pas que le carbone dans le charbon n'est pas uni à l'oxigène. Le résultat moyen de toutes les expériences faites jusqu'à présent sur la combustion du charbon donnent à-peu-près pour la composition de l'acide carbonique, 26 parties de charbon et 74 d'oxigène. Ces proportions, qui diffèrent peu de celles-ci, sont, suivant Smithson-Tennant, de 28 diamant et 72 oxigène. Il paroîtroit donc probable, au premier apperçu, que le charbon convenablement préparé, diffère peu dans sa constitution du diamant. Mais lorsque Smithson-Tennant essaya la combustion du charbon au lieu de celle du

diamant, il ne put jamais, par aucuns moyens quelconques en obtenir la quantité totale d'acide carbonique déterminée par Lavoisier; ce qui démontre bien que le charbon n'est pas entièrement composé de carbone, mais qu'il contient quelques autres substances.

5. Lorsqu'on chauffe à l'air le diamant, on a observé qu'il se recouvre d'une poussière noirâtre qui ressemble au charbon, et qu'on peut considérer comme une combinaison de carbone et d'oxigène. On ne s'est pas encore assuré si aucune combinaison semblable existe ainsi toute formée dans la nature.

II. De l'oxide carbonique (*Oxide de carbone.*)

La substance aujourd'hui connue sous le nom d'*oxide carbonique* (oxide de carbone) est un gaz, que les chimistes confondirent avec l'hydrogène carburé, jusqu'à l'époque où Priestley en fit l'objet de leur attention dans une dissertation qu'il publia à l'appui de la doctrine du phlogistique. Ses expériences furent immédiatement répétées, et ses opinions confirmées par le docteur Woodhouse de Pensylvanie, mais la véritable nature et la composition de ce gaz furent découvertes par M. Cruikshanks de Wolwick (1), qui donna

(1) Nicholson's *Jour.* V. 1 et 201.

noissance de ses expériences à ce sujet, en 1802. Celles de M. Woodhouse étoient déja connues en France. Guyton-Morveau, chargé par l'Institut d'en rendre un compte détaillé, invita Clément et Desormes à faire des recherches sur cet oxide. Ils en obtinrent à-peu-près les mêmes résultats que ceux annoncés par Cruikshanks (1); mais Berthollet, qui de son côté s'occupoit dans le même tems d'expériences semblables, se forma, sur la composition du charbon et de l'oxide de carbone, une opinion différente qu'il établit dans trois dissertations savantes publiées dans le quatrième volume des mémoires de l'Institut, et dans lesquelles, avec la sagacité qui lui est ordinaire, il examine les expériences et combat les opinions des autres chimistes.

A-peu-près à la même époque, il parut un mémoire des chimistes hollandais, dans lequel ils s'élevoient contre les expériences de tous les autres savans, et présentoient comme réels des résultats très-différens (2).

Ce court exposé suffira sans doute pour prouver combien cet objet de recherches étoit susceptible de difficultés. Il donna lieu à quatre

(1) Ann. de chim. XXXIX. 88, et XLII. 121.
(2) *Ibid.* XLIII. 113.

opinions diverses dont chacune fut soutenue par des savans des plus distingués.

[*Préparation.*] 1. On peut se procurer le gaz oxide de carbone de quatre manières différentes. La première, consiste à chauffer fortement dans une cornue de fer un mélange de charbon purifié et d'oxide de fer ou de zinc, ou de tout oxide quelconque capable de supporter la chaleur rouge. L'oxide se réduit par degrés, et pendant cette réduction, il se dégage une grande quantité d'un gaz, qui est un mélange de gaz acide carbonique et d'un autre gaz qui brûle avec une flamme bleue ; c'est à ce dernier gaz qu'on a appliqué la dénomination *d'oxide de carbone*. On peut, du mélange des gaz, séparer l'acide carbonique, en le faisant passer à travers de la chaux vive. M. Cruikshanks, qui opéra de cette manière avec des oxides de fer, de zinc, de cuivre, avec la litharge et l'oxide noir de manganèse, s'assura, par le résultat de ses expériences, que ceux de ces oxides qui abandonnent le plus facilement leur oxigène fournissent la plus grande proportion d'acide carbonique, et ceux qui le retiennent avec le plus de force, la plus grande quantité d'oxide de carbone. C'est toujours vers le commencement de l'opération que se fait le plus grand dégagement de gaz acide carbonique ; il diminue par degrés, et à

la fin il ne passe plus que de l'oxide de carbone (1). Les résultats obtenus par Clement et Desormes coïncident presque exactement avec ceux des expériences de Cruikshanks ; mais ils se bornèrent à opérer sur l'oxide blanc de zinc sans essayer d'autres oxides métalliques. Ils substituèrent la plombagine au charbon, et les résultats furent les mêmes (2).

Par la *seconde manière* de préparer l'oxide de carbone, on chauffe fortement dans une cornue de fer une partie de charbon purifié avec 3 parties de carbonate de chaux, de strontiane, ou de barite. L'acide carbonique est peu-à-peu séparé et décomposé. Il se dégage en abondance un gaz qui est un mélange d'environ une partie d'acide carbonique et de 5 parties d'oxide de carbone (3). Dans ce cas, une portion de l'acide carbonique du carbonate est séparée sans altération, mais la plus grande partie s'en est convertie en oxide de carbone par l'action du charbon.

Troisième manière. On chauffe fortement dans une cornue de fer un mélange, à parties égales, de l'un des trois carbonates terreux

(1) Nicholson's *Jour.*, 1802. V. 2.
(2) Ann. de chim. XXXIX. 33.
(3) Clément et Desormes. Ann. de chim. XXXIX. 45.

dont il vient d'être parlé, et de limaille de fer net. L'acide carbonique est également décomposé par l'action du fer, et les même gaz se dégagent en grande abondance. Le docteur Priestley essaya le premier cette méthode avec l'oxide noir de fer et le carbonate de barite; mais M. Cruikshanks, en se servant de fer pur, obtint des produits gazeux beaucoup plus considérables (1).

[*Quatrième manière.*] En faisant passer lentement, et à plusieurs reprises, du gaz acide carbonique à travers du charbon dans un tube de porcelaine ou de fer chauffé au rouge, il disparoît peu-à-peu, et est remplacé par de l'oxide de carbone. Dans ce cas, l'acide carbonique à l'état gazeux est décomposé par le charbon précisément de la même manière que dans les deux dernières méthodes où il étoit combiné avec une base. Cette expérience faite pour la première fois par Cruikshanks (2), a été répétée depuis par Clément et Desormes (3).

[*Purification.*] 2. Il résulte des expériences de Cruikshanks, que la troisième de ces quatre méthodes indiquées pour la préparation de l'oxide

(1) Nicholson's *Jour.* V. 4 et 208.
(2) Nicholson's *Jour.*, 1802. IV. 209.
(3) Ann. de chim. XXXIX. 46.

de carbone, est la seule au moyen de laquelle on puisse l'obtenir à l'état de pureté. En chauffant fortement dans une cornue de fer un mélange à parties égales de craie et de limaille de fer, exposés séparément, dans des vaisseaux fermés, à une chaleur rouge avant leur emploi, les gaz qui se dégagent ne sont que de l'acide carbonique et de l'oxide de carbone; en séparant l'acide carbonique par le moyen de la chaux vive, l'oxide de carbone reste à l'état de pureté.

[*Propriétés.*] 3. Le gaz oxide de carbone ainsi obtenu est invisible et élastique comme l'air. Sa pesanteur spécifique est, suivant Cruikshanks, de 0.956, celle de l'air étant 1.000, ce qui est à-peu-près dans le rapport de 22 à 23. Son poids est d'environ 1.185 gramm. pour le décimètre cube; ce qui diffère peu des résultats obtenus par Clément et Desormes (1).

Les animaux ne peuvent respirer ce gaz sans en être suffoqués. Un oiseau placé par Clément

(1) En prenant le terme moyen des résultats de leurs expériences, on a pour le poids d'un litre ou décimètre cube de gaz 1.135 grammes. Leurs résultats se seroient encore rapprochés de plus près de ceux de Cruikshanks, si j'avois rejeté quelques-unes de leurs expériences faites avec les gaz les plus légers et les plus impurs de ceux qu'ils avoient obtenus.

et Desormes dans une cloche qui en étoit remplie, mourut avant qu'on eût eu le tems de l'en retirer, et lorsqu'ils essayèrent eux-mêmes de le respirer ils éprouvèrent des étourdissemens, et se sentirent prêts à tomber en défaillance (1). Aucun corps combustible ne peut y brûler.

Ce gaz n'est point altéré par la lumière. Lorsqu'on le fait passer à travers un tube rouge de chaleur, il n'éprouve aucun changement de sa nature; dans sa dilatation par le calorique, il suit exactement les mêmes lois que l'air atmosphérique.

4. Le gaz oxide de carbone est combustible. Il s'allume à l'air, et lorsqu'on le met en contact avec un corps rouge de feu, ou qu'on le présente à la flamme d'une bougie, il brûle avec une flamme bleue, qui s'élève en serpentant; lorsqu'on le mêle avec de l'air atmosphérique avant de l'allumer, il brûle plus rapidement et avec plus d'éclat, mais sans détonation. Sa combustion est encore plus vive et plus brillante, si on substitue du gaz oxigène à l'air ordinaire. Il détone quelquefois avec l'oxigène, mais le plus communément cet effet n'a pas lieu.

On voit par les expériences de Cruikshanks,

(1) Ann. de chim. XXXIX. 56.

confirmées par celles de Clément et Desormes, que pour décomposer complètement 1000 cent. cubes de ce gaz, il faut les mêler avant la combustion, avec 400 cent. cubes de gaz oxigène; en enflammant alors le mélange par l'étincelle électrique dans l'eudiomètre, il détone, et donne pour résidu 920 centim. cubes de gaz acide carbonique; ou, en évaluant en poids, 1.185 gramm. d'oxide de carbone exigent pour leur saturation environ 0.527 grammes d'oxigène, et le composé qui en résulte s'élève, à-peu-près, à 1.712 grammes de gaz acide carbonique. Il ne se forme pas sensiblement d'eau par la combustion de ce gaz lorsqu'il est préparé par la troisième méthode, et qu'on l'emploie aussi sec et aussi pur qu'il est possible de l'obtenir.

[*Action sur les combustibles simples.*] 5. Ce gaz n'a aucune action sur les combustibles simples, à la température ordinaire de l'atmosphère; mais son activité est un peu augmentée par le calorique.

Lorsqu'on le fait traverser du soufre fondu, il ne s'y combine point, et n'en altère pas les propriétés; mais traité de la même manière avec le phosphore, il en dissout un peu, et acquiert ainsi la faculté de brûler avec une flamme jaune. Lorsqu'on le fait passer sur du

charbon rouge de feu, il en dissout un peu selon Clément et Desormes, et augmente de pesanteur spécifique. Les mêmes chimistes assurent qu'en faisant traverser un tube de verre rougi au feu, par un mélange d'oxide de carbone et de gaz hydrogène, il se dépose du charbon qui tapisse les parois du tube d'un émail brillant; il se forme de l'eau et il se dégage à l'autre extrémité du tube, de l'hydrogène qui semble être pur (1). Mais lorsque Saussure le jeune répéta cette expérience, il trouva que le prétendu émail de charbon n'étoit autre chose, ainsi que l'avoit déja observé le docteur Priestley, que la couleur noire, ou plutôt bleuâtre, que prend le flint-glass, lorsqu'à l'état de chaleur rouge, il est mis en contact avec l'hydrogène (2). Il n'est pas en effet vraisemblable que l'hydrogène puisse décomposer l'oxide de carbone, et Saussure a fait voir qu'en faisant passer un mélange de gaz hydrogène et d'acide carbonique à travers un tube rouge de feu, l'acide carbonique est décomposé, et il y a production d'oxide de carbone. Ce résultat a même été confirmé par des expériences subséquentes de Clément et Desormes.

---

(1) Ann. de chim. XXXIX. 61.
(2) Jour. de phys. LV. 396.

[*Sur les incombustibles simples.*] 6. Les incombustibles simples ne produisent aucun changement sur l'oxide de carbone à quelque température que ces corps aient été soumis ; mais l'effet de l'acide muriatique oxigéné sur cet oxide est extrêmement curieux et important. Nous sommes entièrement redevables des recherches sur ce sujet, à Cruikshanks, qui a fourni par là aux chimistes un moyen nouveau et avantageux d'essayer la pureté, et la composition des gaz combustibles.

[*Action de l'acide muriatique oxigéné.*] Si on remplit un flacon bien bouché, d'un mélange de deux mesures de gaz oxide de carbone, et de 2.66 mesures de gaz acide muriatique oxigéné (1), et qu'après avoir laissé pendant vingt-quatre heures le flacon avec son goulot renversé sur du mercure, on le débouche sous l'eau ; les 0.66 du gaz sont immédiatement absorbés, et tout le reste l'est ensuite par l'agitation dans de l'eau de chaux, à l'exception seulement des 0.166 d'une mesure qui est de l'azote (2). Il s'ensuit que les deux gaz agissent l'un sur l'autre à la température de l'atmosphère,

(1) Obtenu en versant de l'acide muriatique sur du muriate suroxigéné de potasse.

(2) Nicholson's *Jour.*, 1802. V. 205.

que l'oxide de carbone attire peu-à-peu l'oxigène de l'autre gaz, et se convertit en acide carbonique; le gaz acide muriatique oxigéné devient par cette décomposition gaz acide muriatique, qui est instantanément absorbé au moment de l'admission de l'eau. Ainsi par l'action réciproque des deux gaz, ils sont entièrement changés en acide carbonique, et en acide muriatique.

M. Cruikshanks s'assura que ce mélange d'oxide de carbone et de gaz acide muriatique oxigéné, n'est ni enflammé, ni altéré dans sa nature, par un courant d'étincelles électriques, tandis qu'un mélange d'hydrogène carburé, et de gaz acide muriatique oxigéné qui y seroit soumis, détoneroit immédiatement. Cette différence donne le moyen de distinguer avec la plus grande facilité l'oxide de carbone de l'hydrogène carburé (1).

[*Action des métaux.*] 7. On n'a point encore reconnu, par aucune des expériences faites jusqu'à présent, que l'oxide de carbone exerçât quelque action sur les métaux; mais Clément et Desormes assurent, qu'en le faisant passer chaud sur de l'oxide rouge de mercure, il y produit un commencement de réduction. Il

(1) Nicholson's *Jour.*, 1802. V. 205.

paroît très-probable qu'il pourroit opérer celle de plusieurs oxides métalliques, et spécialement de ceux qui abandonnent facilement leur oxigène.

[*Alcalis et terres.*] 8. Il n'y a aucune action entre l'oxide de carbone, et les alcalis ou les terres. L'ammoniaque qu'on fait passer avec lui à l'état de gaz, à travers un tube chauffé au rouge, ne l'absorbe en aucune manière (1).

[*Composition.*] 9. D'après cet exposé exact des propriétés de ce gaz, il est d'abord évident qu'il contient du carbone, puisqu'en le brûlant avec l'oxigène, il produit de l'acide carbonique. On voit de plus qu'il diffère de l'hydrogène carburé par sa pesanteur spécifique, par l'action qu'exerce sur lui le gaz acide muriatique oxigéné, et par le résultat de sa combustion avec ce gaz. Et comme elle ne produit aucune portion d'eau perceptible, Cruikshanks, et après lui, Guyton-Morveau, Clément et Desormes, crurent devoir en conclure que cet oxide de carbone ne contient point d'hydrogène, ni aucune autre base combustible que le *carbone;* mais il exige pour sa combustion beaucoup moins de gaz oxigène que le charbon. Il en faut 257 parties pour saturer 100 parties de charbon, tandis que 45.50 parties suffisent à 100

(1) Clément et Desormes. Ann. de chim. XXXIX. 61.

parties d'oxide de carbone, et dans l'un et l'autre cas il y a production d'acide carbonique. On ne peut rendre raison de cette différence remarquable, qu'en supposant que l'oxide de carbone étant déja combiné avec une portion d'oxigène, l'addition d'une moindre quantité doit suffire pour le saturer. Ce fut la conséquence qu'en déduisit Cruikshanks ; et il faut avouer qu'il est difficile de résister à son évidence. Le gaz oxide de carbone seroit donc ainsi un composé de carbone et d'oxigène, et c'est par cette raison que les chimistes lui ont donné le nom d'*oxide de carbone*.

En supposant, d'après les expériences de Tennant, que l'acide carbonique contient 28 parties de carbone et 72 d'oxigène ; et en considérant celles de Cruikshanks comme approximativement exactes, il nous sera facile de déterminer la proportion des parties constituantes de l'oxide de carbone. Suivant Cruikshanks 1.593 gram. d'oxide de carbone se combinent par la combustion avec 0.722 gram. d'oxigène, et la quantité d'acide carbonique formé s'élève à environ 2.315 grammes. Il s'ensuit que l'acide carbonique est composé d'environ

69	Oxide de carbone.
31	Oxigène.
100	

Mais 100 d'acide carbonique étant composées de 72 oxigène et 28 carbone, on aura cette équation, 28 carb. + 72 oxi. = 69 oxi. de carb. +, 31 oxig., et 28 carb. + 41 ox. = 69 oxide de carbone, et par conséquent 69 parties d'oxide de carbone contiennent 28 de carbone et 41 d'oxigène, ce qui donne pour 100, environ

41	Carbone.
59	Oxigène.
100	Oxide de carbone.

Et 100 parties de carbone unies à 144 d'oxigène en forment 244 d'oxide de carbone.

[*Théorie de Berthollet.*] Mais Berthollet n'admet point tous ces résultats. Il existe, suivant ce chimiste, deux espèces différentes de gaz inflammables contenant du carbone, la première, qu'il appelle *hydrogène carburé*, est composée de carbone et d'hydrogène; et la seconde, qu'il distingue par la dénomination d'*hydrogène oxi-carburé*, l'est de carbone, d'hydrogène et d'oxigène. A la première de ces deux espèces appartiennent les gaz qu'on obtient en faisant traverser un tube rouge de feu par de l'alcool, en distillant l'huile, et en chauffant au rouge du charbon humide. Les gaz de la seconde espèce sont, celui produit par l'exposition

du charbon à une forte chaleur, celui que donne la distillation du sucre, le gaz que nous venons de décrire sous le nom d'oxide de carbone, etc. Il y a beaucoup de variétés de ces gaz, qui diffèrent les uns des autres par les proportions de leurs ingrédiens. L'on peut, par divers procédés, convertir les gaz de la première espèce en gaz de la seconde. Berthollet évalue la proportion de l'hydrogène dans l'oxide de carbone aux 0.04 environ du poids total.

De semblables conclusions, si évidemment inconciliables avec les résultats des expériences de Cruikshanks, et de Desormes et Clément, ne peuvent être admises sans des preuves très-décisives. L'oxide de carbone obtenu par Cruikshanks, lorsqu'il étoit tout aussi pur qu'on peut l'obtenir, ne donnoit pas, en le brûlant avec l'oxigène, la moindre quantité perceptible d'eau. Berthollet observe à cela que tous les gaz contiennent de l'eau comme partie constituante : qu'ainsi toute celle qui auroit pu être formée étant entrée en combinaison avec le gaz acide carbonique, elle seroit demeurée invisible ; mais lors même qu'on auroit égard à cette considération, et qu'on accorderoit que dans tous les cas, jusqu'à présent essayés, de combustion de l'oxide de carbone avec l'oxigène, il y a eu formation d'eau, l'hypothèse de Berthollet ne nous en

paroîtroit pas plus solidement établie. En effet, il résulte des expériences de Cruikshanks, que plus les substances employées étoient complètement desséchées, et plus le gaz obtenu étoit pur, ou moins il y avoit d'eau formée pendant sa combustion; et c'est dans les expériences où les corps dont il se servoit ne devoient point contenir d'hydrogène, si ce n'est à l'état d'eau, comme la craie sèche, et l'étain ou le fer, que le gaz produit étoit dans le plus grand état de pureté.

Le principal motif dont s'appuie Berthollet pour affirmer que l'oxide de carbone doit contenir de l'hydrogène, est son peu de pesanteur spécifique. La pesanteur spécifique est

Pour le gaz oxigène, de.....	1.103
Pour l'oxide de carbone, de....	0.956
Pour l'acide carbonique, de....	1.500

La pesanteur spécifique du carbone est indubitablement plus considérable que celle d'aucune des trois substances; et par conséquent lorsque le gaz oxigène, en se combinant avec le carbone, forme de l'acide carbonique, sa pesanteur spécifique augmente, comme cela a lieu dans tous les autres cas. Or comment, dit Berthollet, seroit-il possible de concevoir

qu'une addition de carbone dût diminuer la pesanteur spécifique du gaz oxigène, ainsi que cela arrive à l'égard de l'oxide de carbone, s'il n'étoit composé que de ces deux seuls ingrédiens ? et dans ce cas aussi l'acide carbonique, en dissolvant une dose additionnelle de carbone, non-seulement deviendroit spécifiquement plus léger qu'auparavant, mais encore spécifiquement plus léger que le gaz oxigène; ce que Berthollet regarde comme incroyable. Mais ce raisonnement ne nous paroît pas suffisant pour infirmer les conclusions de Cruikshanks, car de semblables exemples ne sont pas aussi extraordinaires que le suppose Berthollet. M. Davy nous en fournit un qui a quelque analogie avec le cas dont il s'agit (1).

La pesanteur spécifique du gaz oxigène est de	1.103
Celle du gaz azote, de.....	0.985
Celle de l'oxide nitreux, de.....	1.603
Celle de l'oxide nitrique, de.....	1.094

Et cependant lorsque, par sa séparation d'avec une portion de son oxigène, qui est celle de ses parties composantes la plus pesante, l'oxide nitrique est converti en oxide nitreux, sa

(1) *Journal of the royal institution.* I. 317.

pesanteur spécifique est augmentée. Cette anomalie est bien aussi grande que celle qui frappe, et étonne Berthollet.

SECTION III.

Oxides de soufre et de phosphore.

Après avoir traité des oxides de carbone, il ne nous resteroit plus à considérer que ceux de soufre et de phosphore, pour avoir terminé ce qui concerne les oxides combustibles; mais ces deux corps sont encore trop imparfaitement connus pour fournir matière à une exposition séparée. Nous avons parlé du petit nombre de faits qui s'y rapportent, et dont on a pu s'assurer jusqu'à présent, lorsque dans le premier volume de cet ouvrage les substances elles-mêmes qui constituent les bases de ces oxides ont été soumises à notre examen.

III. Oxides soutiens de la combustion.

Les oxides qui ont pour base un corps incombustible simple, ne peuvent être formés par la combustion. Les chimistes n'ont donné le nom d'oxides qu'à ceux de ces corps seulement

dont la base est l'azote. L'oxide d'acide muriatique a été considéré par eux comme étant un acide. Nous ne le prendrons donc point en considération dans ce chapitre; mais nous donnerons un court exposé de quelques-unes de ses propriétés les plus importantes, dans celui où nous traiterons de sa base.

Section IV.

Des oxides d'azote.

L'azote et l'oxigène forment deux oxides différens, qui furent l'un et l'autre découverts par le docteur Priestley. On ne peut les obtenir qu'à l'état de gaz. On a par conséquent appelé le premier *gaz oxide nitreux*, et le second, *gaz oxide nitrique*.

I. Gaz oxide nitreux.

[*Histoire.*] Le gaz oxidé nitreux fut découvert en 1776, par le docteur Priestley, qui lui donna le nom de *gaz nitreux déphlogistiqué*. Les chimistes hollandais qui l'examinèrent en 1793, reconnurent que c'étoit un composé

d'azote et d'oxigène(1); mais c'est à M. Davy, qui publia en 1800 une excellente dissertation sur ce sujet, que nous devons une recherche plus complète des propriétés de ce corps, qu'il appela *oxide nitreux* (2).

[*Préparation.*] 1. On peut se procurer cet oxide de la manière suivante. Faites chauffer à la lampe dans une cornue, à un degré de chaleur qui ne soit pas inférieur à 171°.11 centigr. et qui ne s'élève pas au-dessus de 260° centigr., une certaine quantité de *nitrate d'ammoniaque* en cristaux (sel composé d'acide nitrique et d'ammoniaque.) La fusion s'en opère promptement; le sel se décompose en émettant une grande quantité de gaz qu'on peut recueillir du bec de la cornue, à la manière ordinaire. Ce gaz est l'*oxide nitreux*. Berthollet indiqua le premier ce moyen de l'obtenir, qui fut depuis simplifié par M. Davy (3).

[*Propriétés.*] 2. Le gaz oxide nitreux ainsi préparé, jouit de toutes les propriétés méca-

(1) Journ. de phys. XLII. 323.

(2) *Researches, chiefly concerning nitrous oxide.*

(3) M. Proust a justement observé que le gaz qui se dégage au commencement de l'opération diffère un peu de l'oxide nitreux, et que cependant ce n'est pas du *gaz nitreux*.

niques de l'air; mais il est beaucoup plus pesant. Sa pesanteur spécifique est, selon Davy, de 1.603, celle de l'air étant de 1.000. Elle est, par conséquent, à celle de l'air ordinaire, à-peu-près :: 5 : 3 (1). Un décimètre cube de ce gaz, à la température de 15°.55 centigr., et sous la pression atmosphérique de 760 millimètres, pèse 1.964 grammes.

Ce gaz est capable d'entretenir la combustion, même beaucoup mieux que l'air ordinaire, et presque aussi bien que le gaz oxigène. Une bougie y brûle avec éclat et pétillement. Il n'enflamme néanmoins les corps combustibles, qu'autant qu'ils ont été préalablement mis à l'état d'ignition.

Le gaz oxide nitreux avoit été considéré par le docteur Priestley, et par les chimistes hollandais, comme non respirable; mais ils ne l'avoient pas examiné dans son état de pureté (2). M. Davy s'assura qu'on pouvoit le respirer pendant environ 4 minutes, sans en éprouver de fâcheux effets; mais au bout de ce tems, ceux qu'il

(1) Davy's *Researches*, p. 94.

(2) Le docteur Priestley lui-même y tint pendant 5 minutes une souris, sans qu'elle en fût affectée. Il paroît que, dans cette expérience, le gaz étoit à-peu-près pur. Priestley. II. 84.

produit, ressemblent beaucoup au transport et au délire, quoiqu'ils ne soient pas suivis de la langueur et de la foiblesse que ces mouvemens involontaires occasionnent toujours. Les animaux qu'on y plonge, ne donnent d'abord aucun signe de malaise; mais bientôt ils s'agitent et se tourmentent; et si on ne les en retire très-promptement, ils meurent. Ainsi, quoique ce gaz soit respirable, il l'est beaucoup moins que l'air atmosphérique et le gaz oxigène (1).

---

(1) M. Davy décrit de la manière suivante les effets qu'il ressentit. « Après avoir bien expiré l'air de mes poumons, et m'être bouché les narines, je respirai environ 4 litres de gaz oxide nitreux. Les premiers sentimens que j'éprouvai furent, comme dans la première expérience, ceux du vertige et du tournoiement; mais en moins d'une demi-minute, continuant toujours de respirer, ils diminuèrent par degrés et furent remplacés par des sensations analogues à une douce pression sur tous les muscles, accompagnée de frémissemens très-agréables, particulièrement dans la poitrine et les extrémités. Les objets, autour de moi, devenoient éblouissans, et mon ouie plus subtile. Vers les dernières inspirations, l'agitation augmenta; la faculté du pouvoir musculaire devint plus grande, et il acquit à la fin une propension irrésistible au mouvement. Je ne me souviens qu'indistinctement de ce qui suivit; je sais seulement que mes mouvemens furent variés et violens. Ces effets cessèrent dès que j'eus discontinué de respirer le gaz, et

[*Action de l'eau.*] 3. Cet oxide gazeux est assez rapidement absorbé par l'eau, et spécialement lorsqu'on l'y agite. Elle en prend, ainsi que s'en est assuré le docteur Priestley, les 0.54 de son volume, ou les 0.27 de son poids. Elle acquiert alors une saveur douceâtre, sans qu'il en résulte aucune altération sensible dans ses autres propriétés. En la faisant bouillir, on en dégage le gaz en totalité (1).

Lorsque ce gaz se combine avec l'eau, il en chasse l'air ordinaire qui y étoit tenu en dissolution, et c'est la raison pour laquelle on obtient toujours cet air pour résidu, lorsqu'on fait passer l'oxide gazeux à travers une suffisante quantité d'eau (2).

4. Le gaz oxide nitreux n'est point altéré par la lumière, ni par aucun degré de chaleur inférieure à celle de l'ignition; mais lorsqu'on le fait traverser par des étincelles électriques, ou

---

dans 10 minutes je me retrouvai dans mon état naturel. La sensation de frémissement dans les extrémités se prolongea plus longtems que les autres. » Davy's *Researches*, p. 457. Le gaz oxide nitreux a été respiré par un très-grand nombre de personnes, dont presque toutes ont éprouvé les mêmes effets.

(1) Priestley. II. 81.

(2) Davy, p. 83.

passer dans un tube de porcelaine rougi au feu, Il est décomposé et converti en *acide nitrique* et en *air ordinaire* (1).

5. Il n'y a aucune action entre ce gaz et l'air, non plus qu'avec le gaz oxigène.

[*Action des incombustibles simples.*] 6. Le soufre, à la température ordinaire, n'est point attaquable par le gaz oxide nitreux. Si, lorsqu'il est brûlant avec flamme bleue, on l'introduit dans ce gaz, il s'y éteint aussitôt. Il continue au contraire d'y brûler avec beaucoup d'éclat, et avec une belle flamme rouge, si, lorsqu'on l'y a plongé, il étoit à l'état de combustion avec flamme blanche; on a pour produit de l'acide sulfurique et de l'azote. Le soufre cesse de brûler, lorsque la moitié de l'oxide nitreux est décomposée (2).

Le phosphore peut être fondu et sublimé dans ce gaz, sans en éprouver d'altération. Il peut même y être touché avec un fil métallique rougi au feu, sans éprouver de combustion; mais si ce fil est chauffé au blanc, le phosphore brûle, ou plutôt, il détone avec une violence prodigieuse. On a pour produit, du gaz azote, de l'acide phosphorique, et de l'acide nitrique; il

(1) Priestley. II. 91, et Davy, *ib.* p. 279.
(2) Davy, *ib.* p. 303.

reste une portion de l'oxide non décomposée (1).

Le charbon plongé dans l'oxide nitreux, peut y être enflammé au moyen d'une lentille. Il continue à brûler avec un grand éclat jusqu'à ce que la moitié, à-peu-près, du gaz soit consumée. Les résultats de cette combustion sont du gaz acide carbonique et du gaz azote (2).

Lorsqu'on chauffe fortement au rouge un mélange de gaz hydrogène et de gaz oxide nitreux, ou qu'on le fait traverser par l'étincelle électrique, il y a détonation violente avec flamme rouge. Lorsque les proportions des gaz dans le mélange, sont à-peu-près égales, les produits sont de l'eau et de l'azote. On y trouve, de plus, de l'acide nitrique, si l'hydrogène est en proportion moindre (3).

On opère également la combustion de mélanges des gaz hydrogène, sulfuré, phosphuré et carburé, avec le gaz oxide nitreux, en les exposant à une forte chaleur rouge. Les produits diffèrent selon les proportions des gaz mélangés.

7. Il ne paroît pas que l'azote, ou l'acide

---

(1) Davy, *ib.* p. 303.
(2) Davy, p. 311.
(3) Priestley. II. 83, et Davy, p. 286.

muriatique aient aucune action marquée sur cet oxide gazeux.

[*Action des métaux.*] 8. Le gaz oxide nitreux agit avec une grande énergie, à de hautes températures, sur quelques-uns des métaux. Ainsi, par exemple, un fil de fer y brûle avec la même splendeur que dans le gaz oxigène, quoique la combustion ne dure que peu d'instans. Le fer est converti en oxide noir; le gaz oxide nitreux est en partie décomposé; l'azote s'en est dégagé, et l'oxigène s'est combiné avec le fer (1). Le zinc peut aussi être oxidé par le gaz oxide nitreux (2).

Ses effets sur d'autres métaux n'ont pas été essayés.

[*Azotites.*] Le gaz oxide nitreux est susceptible de combinaison avec les alcalis, et de former avec ces substances des sels d'une nature très-particulière, dont nous devons la connoissance à la sagacité de M. Davy. Aucune de ces combinaisons n'a lieu lorsqu'on présente les alcalis à l'oxide nitreux à l'état de gaz; mais s'il est mis en contact avec eux au moment de sa formation, il s'y combine très-facilement.

Comme ces espèces de combinaisons n'ont

(1) Priestley. II. 86.
(2) Davy, p. 317.

pas encore reçu de nom, nous les appelerons *azotites*, jusqu'à ce qu'on leur assigne une dénomination plus convenable (1).

On peut former de la manière suivante l'azotite de potasse. En tenant dans des vaisseaux fermés du gaz nitreux (substance dont nous parlerons incessamment) sur du sulfite de potasse (2), ce gaz est dépouillé par degrés, d'une portion de son oxigène et converti en oxide nitreux. Si l'on conserve pendant longtems, dans une suffisante quantité de gaz nitreux, un mélange de potasse et de sulfite de potasse réduit en poudre très-fine, le gaz nitreux se change presqu'entièrement en sulfate de potasse, et l'oxide nitreux, à mesure qu'il se dégage, se combine avec la potasse pure, et par conséquent le sel est converti en un mélange de sulfate de potasse et d'azotite de potasse. On en sépare le sulfate de potasse par la dissolution,

(1) M. Davy a proposé de les appeler *nitroxis*. Ce mot ne peut convenir, non-seulement parce qu'il est contraire à l'idiôme de la langue, mais encore parce qu'il s'éloigne des règles adoptées pour la formation des termes chimiques.

(2) Potasse combinée avec l'acide sulfureux. Ce sel a une forte affinité pour l'oxigène; il le prend au gaz nitreux, et est converti en *sulfate de potasse*, d'où provient le changement du gaz nitreux en oxide nitreux.

l'évaporation et la cristallisation, à de basses températures.

L'azotite de potasse s'obtient en cristaux irréguliers; il est composé d'environ trois parties d'alcali et d'une partie d'oxide nitreux. Il est dissoluble dans l'eau ; sa saveur est caustique et particulièrement piquante ; il verdit les couleurs bleues végétales. En le mêlant avec du charbon pulvérisé, et enflammé, il brûle avec scintillation ; lorsqu'on en projette dans du zinc en fusion, il se produit une légère inflammation. Tous les acides, même le carbonique, semblent capables de séparer l'oxide nitreux de la potasse (1) ; les autres propriétés de ce sel n'ont pas été examinées.

On peut faire de la même manière l'azotite de soude, qui semble se rapprocher de très-près de l'azotite de potasse par ses propriétés. L'oxide nitreux en est séparé par une chaleur de 204°.44 à 260° centigr. ; sa saveur est plus âcre que celle de l'azotite de potasse, et il paroît contenir moins d'oxide d'azote (2).

M. Davy n'a pu réussir à combiner l'oxide nitreux avec l'ammoniaque, ni avec les terres ; mais d'après ses expériences, il est probable

(1) Davy, p. 362.
(2) *Ibid.* p. 291.

que la formation de ces azotites peut avoir lieu.

[*Composition.*] 10. Il résulte évidemment de l'exposé que nous venons de faire en détail des propriétés du gaz oxide nitreux, qu'il est un soutien de la combustion, et que par conséquent l'oxigène y existe dans le même état que dans les autres corps qui jouissent d'une faculté semblable. On ne peut douter aussi que son autre partie composante ne soit l'azote, si l'on considère que par sa décomposition, il se dégage constamment de l'azote ou de l'acide nitrique. Enfin on peut regarder comme certain, d'après les expériences de Davy, que le gaz oxide nitreux ne consiste qu'en ces deux substances. Ce chimiste trouva que 39 mesures de gaz oxide nitreux pouvoient en saturer 40 d'hydrogène, et qu'après la combustion, le résidu consistoit en 41 mesures de gaz azote. Mais il fut reconnu que 40 mesures d'hydrogène en exigeoient 20.8 d'oxigène (1). Donc si les parties composantes de l'oxide nitreux n'étoient qu'à l'état de simple mélange, elles occuperoient un volume plus considérable d'un tiers que celui qu'elles ont étant combinées, puisque 40 mesures d'oxide nitreux se seroient

(1) Davy, p. 291.

converties en 20.8 mesures de gaz oxigène et en 40 de gaz azote (1). Mais 20.8 centim. cubes de gaz oxigène pèsent environ 0.028 grammes, et 40 centimètres cubes de gaz azote, environ 0.048 grammes, d'où il suit que l'oxide nitreux est composé de 7 parties, en poids, d'oxigène, et de 12 d'azote, ou à-peu-près de

63	Azote.
37	Oxigène.
100.	

La détermination de ces proportions coïncide presqu'exactement avec la pesanteur spécifique de l'oxide nitreux; car, d'après cette détermination, le poids de 39 centimètres cubes de ce gaz seroit de 0.0770; et il est effectivement de 0.0766. C'est aussi, à très-peu de chose près, dans ce rapport, que les chimistes hollandais ont établi les parties constituantes de ce gaz.

Il nous reste encore beaucoup de choses à connoître sur cette singulière substance. M. Davy s'est ouvert un vaste champ de recherches très-importantes, dont nous devons attendre,

(1) J'omets une mesure, parce que les gaz n'étoient pas absolument purs.

s'il les poursuit assez loin, de grandes lumières sur la nature de la combustion, opération qui se rapporte de plus près à l'azote et à ses composés, qu'on ne l'avoit supposé jusqu'à présent.

II. Oxide nitrique.

[*Histoire.*] Ce fut le docteur Hales qui obtint accidentellement l'oxide nitrique, communément appelé *gaz nitreux*; mais c'est Priestley, qui lors de ses premiers essais sur la chimie pneumatique, eut lieu d'en examiner la nature et d'en rechercher les propriétés.

Comme les phénomènes que présente cet oxide, se lient intimément aux faits les plus importans de la chimie, ils durent attirer l'attention de la plupart des chimistes distingués, qui s'en sont particulièrement occupés.

[*Préparation.*] 1. On prépare cet oxide de la manière suivante: mettez du cuivre ou du mercure dans une cornue de verre, et versez par dessus un peu d'acide nitrique étendu. Le métal est dissous rapidement avec une grande effervescence, et il se dégage en abondance, par le bec de la cornue, un gaz qu'on recueille sous des cloches de verre, et qui est le *gaz nitreux*.

[*Propriétés.*] 2. Ce gaz, lorsqu'il est pur,

est invisible comme l'air, dont il possède toutes les propriétés mécaniques. Sa pesanteur spécifique est, selon Davy, de 1.094, celle de l'air étant 1.000 (1). Il est par conséquent à l'air ordinaire, à-peu-près dans le rapport de 34 à 31. un décimètre cube de ce gaz, à la température de 15°.15 centigr., et sous la pression atmosphérique de 760 millim., pèse 1.34 gram. Le gaz nitreux est excessivement nuisible aux animaux, qui ne peuvent le respirer sans en être promptement suffoqués.

[*Soutien de la combustion.*] 3. La plupart des corps combustibles ne peuvent y brûler. Une torche allumée, par exemple, s'éteint dès l'instant qu'elle y est plongée. Il en est ainsi du soufre, lors même qu'il est brûlant avec flamme blanche. Ce gaz est cependant capable d'entretenir la combustion de plusieurs corps, ainsi que s'en sont assurés, par leurs expériences, Priestley et Davy. Lorsqu'on y introduit du pyrophore de Homberg (2), il s'allume spontanément comme dans l'air atmosphérique; le phosphore en état d'inflammation y brûle

(1) *Researches*, p. 6.

(2) Cette substance, dont la partie combustible est le soufre et le charbon, sera ultérieurement décrite.

aussi avec autant de splendeur que dans le gaz oxigène (1).

[*Action de l'air.*] 4. Lorsqu'on mêle ensemble de l'air atmosphérique et du gaz nitreux, le mélange prend à l'instant une couleur jaune. Il y a dégagement de calorique, et le volume des deux gaz diminue considérablement. Cet effet n'a lieu que lentement, si l'expérience se fait sur du mercure; mais il se produit très-promptement si c'est sur l'eau. Lorsque la diminution dont le volume des gaz est susceptible est complètement opérée, le mélange devient d'une transparence parfaite. La couleur jaune est due à une portion d'acide nitreux qui s'est formée, et la diminution de volume, à l'absorption graduelle et à la condensation de cet acide. Il ne reste, après cette absorption, que du gaz azote. La cause de ce phénomène est évidente. Le gaz nitreux se combine avec l'oxigène de l'air, et forme de l'acide nitreux qui se condense, tandis que l'azote de cet air reste sous la forme de gaz. Ainsi, avec des quantités égales de gaz nitreux et d'air, la diminution de volume est toujours proportionnelle à la quantité d'oxigène présent dans l'air; d'où il

(1) Davy, p. 134.

suit que, par elle, nous pouvons juger de la quantité de ce principe qui peut exister dans chaque espèce d'air. Le même phénomène a lieu, lorsqu'on mêle ensemble du gaz oxigène et du gaz nitreux; mais la condensation est beaucoup plus considérable. Elle seroit complète, si les gaz étoient parfaitement purs, et les proportions de leurs mélanges convenables.

Lorsqu'on fait passer des étincelles électriques à travers du gaz nitreux, il est décomposé et converti en acide nitreux, et en gaz azote (1).

[*Absorption par l'eau.*] 5. Le gaz nitreux est très-facilement absorbé par l'eau. Il paroît, d'après une expérience de M. Davy, que 1000 centim. cubes d'eau, à la température ordinaire, et préalablement dépouillée d'air, peuvent absorber 118 centim. cubes de gaz nitreux, ou à-peu-près les 0.10 de son volume, ainsi que l'avoit avancé M. Priestley. Mais les résultats des expériences de M. Henry ne s'accordent pas avec cette évaluation; il a trouvé, qu'à la température de 15°.15 centig., l'absorption du gaz nitreux par l'eau n'est que des 0.05 de son volume (2). L'eau chargée de ce gaz n'a pas

(1) Priestley. II 22.

(2) Phil. Trans. 1803, p. 274.

de saveur particulière ; elle ne verdit point les couleurs bleues végétales ; on l'en dégage en la faisant bouillir (1). Le gaz se sépare également de l'eau quand elle se congèle (2).

[*Action des combustibles simples.*] 6. Le gaz nitreux est décomposé par le phosphore, et le charbon, à une très-haute température, et probablement aussi par le soufre. Ces substances sont converties en acides par leur combinaison avec l'oxigène du gaz dont l'azote est dégagé.

Le gaz hydrogène acquiert, par son mélange avec le gaz nitreux, la propriété de brûler avec une flamme verte. Ce mélange n'est point enflammé par les décharges électriques, mais il détone, suivant Fourcroy, lorsqu'on l'a fait passer à travers un tube de porcelaine rouge de chaleur, il y a formation d'eau, et dégagement de gaz azote (3).

[*Incombustibles simples.*] 7. Le gaz nitreux ne produit aucun effet quelconque, même à l'aide du calorique, sur le gaz azote. Il n'agit pas non plus sur l'acide muriatique.

[*Métaux.*] 8. Plusieurs des métaux, et

(1) Davy, p. 143.
(2) Priestley. II. 407.
(3) Fourcroy. III. 91.

particulièrement le fer, ont la propriété de décomposer le gaz nitreux, et cet effet est facilité par le calorique. Le docteur Priestley ayant tenu pendant quelque tems une portion de gaz nitreux sur des cloux de fer, ce gaz fut converti en oxide d'azote, en conséquence sans doute, de l'absorption par le fer d'une portion de son oxigène (1). C'est de cette manière que ce chimiste fit la découverte de l'oxide nitreux. Lorsque, par le moyen d'une lentille, on chauffe au rouge les cloux de fer, la décomposition du gaz nitreux est complète; le fer en attire tout l'oxigène, et il ne reste que le gaz azote (2).

[*Absorbé par le sulfate de fer.*] 9. Le docteur Priestley trouva que le sulfate vert de fer avoit la propriété d'absorber le gaz nitreux, et qu'on pouvoit s'en servir avec avantage pour connoître la pureté de ce gaz. Il suffit de mettre une petite portion connue de gaz nitreux en contact avec du sulfate de fer dans un vaisseau clos, pour déterminer, par la quantité qui en reste et qui n'a pas été absorbée, la proportion des substances étrangères qui y étoient mêlées. M. Davy a prouvé que tous les sels

(1) Priestley. II. 54.
(2) *Ibid.* p. 58.

qui contiennent l'oxide noir de fer, ainsi que plusieurs sels métalliques, ont la même propriété d'absorber le gaz nitreux sans l'altérer. On peut le leur enlever en presque totalité par le calorique (1).

[*Sa conversion en oxide nitreux.*] 10. Le gaz nitreux, ou oxide nitrique, peut être converti en oxide nitreux par

Les sulfites alcalins.
Les hydrosulfures.
Le muriate d'étain.
Le gaz hydrogène sulfuré.
Les limailles, de fer, ou de zinc, humectées d'eau.

Il ne s'agit pour produire cet effet que de garder pendant une semaine ou deux ces substances en contact avec le gaz oxide nitrique dans des cloches qui en sont remplies. Les substances se combinent par degrés avec une portion de l'oxigène du gaz, et sont converties en oxides ou en sels (2).

11. Le gaz nitreux est absorbé par les dissolutions alcalines, mais il ne paroît pas, au

(1) Davy, p. 179.

(2) Priestley et Davy. Pendant l'action des deux derniers corps sur le gaz nitreux, il se forme aussi de l'ammoniaque.

moins d'après les expériences faites jusqu'à ce jour, qu'il soit comme l'oxide d'azote, susceptible de se combiner avec les alcalis et les terres, et de former des sels.

[*Composition.*] 12. La conversion du gaz oxide nitrique en acide nitrique par sa combinaison avec l'oxigène, prouve évidemment que l'azote est une de ses parties constituantes; et il résulte de même aussi, de la propriété qu'ont plusieurs corps de le changer en gaz oxide nitreux en lui enlevant de l'oxigène, que ce principe est sa seule autre partie composante; mais il n'est pas facile d'en déterminer les proportions. Lavoisier les avoit évaluées à 68 d'oxigène et 32 d'azote, d'après une suite d'expériences faites longtems auparavant et d'une manière peu susceptible d'une grande exactitude; mais cette estimation ne s'accorde point avec les résultats des expériences des autres savans, et celle de Davy nous paroît devoir mériter beaucoup plus de confiance, parce que sa méthode comportoit une plus rigoureuse précision. Il exposa à l'action des rayons solaires, par le moyen d'une lentille, une petite portion de charbon préparé qu'il avoit placé dans une quantité mesurée de gaz oxide nitrique tenu sur du mercure. Le poids du charbon n'excédoit pas les 0.0126 d'un

gramme, et la quantité du gaz étoit de 16 mesures très-petites. Dans cette expérience l'oxide nitrique fut décomposé en totalité, et le volume du gaz augmenté des 0.75 d'une mesure ; mis en contact avec de la potasse, il fut très-promptement absorbé, à l'exception de 8 mesures qui étoient de l'azote pur. On s'étoit assuré que le gaz nitreux employé contenoit, avant l'expérience, 0.6 d'une mesure d'azote. Ainsi 15.4 mesures d'oxide nitrique, après leur décomposition par le charbon, sont converties en 16.15 mesures, dont 7.4 sont de l'azote, et 8.75 de l'acide carbonique. Mais le poids de 154 centim. cubes d'oxide nitrique est de 0.205 gram., et celui de 74 centim. cubes d'azote est de 0.086 gram. ; donc 0.205 gram. d'oxide nitrique contiennent 0.086 gram. d'azote ; le surplus, de 0.119 gram. doit être de l'oxigène ; ce qui donne, pour proportion de ces parties constituantes de l'oxide nitrique, 3 d'oxigène et 2.2 d'azote, ou 57.7 d'oxigène et 42.3 d'azote. D'un autre côté, l'acide carbonique produit dans l'expérience, pesoit 0.162 gram., et contenoit 0.045 gram. de charbon combinés avec 0.117 gram. d'oxigène enlevé à l'oxide nitrique. Donc 0.205 gram. d'oxide nitrique sont composés de 0.117 gram. d'oxigène, et 0.088 gram. d'azote ; ce qui, pour 100 parties, donne 57 d'oxigène et 43 d'azote,

résultat qui ne diffère que de très-peu de la première évaluation (1), et que nous pouvons considérer comme le plus approximatif.

On peut alors établir de la manière suivante la proportion d'oxigène que contiennent les composés d'azote.

AZOTE.	OXIGÈNE.	
100	58.70	Oxide nitreux.
100	136	Oxide nitrique.
100	236	Acide nitrique.

D'où il suit que

Azote. Oxigène Oxide nitreux.
1.00 + 0.58 = 1.58

Oxigène. Oxide nitrique.
1.58 + 0.78 = 2.36

Oxigène. Acide nitrique.
2.36 + 1.00 = 3.36.

(1) Davy, p. 129.

NOTE

A ajouter à la suite de la table de la pag. 134.

La dilatation du mercure est le résultat des expériences de Deluc. Les physiciens ont beaucoup varié dans leur estimation de l'expansion du mercure de zéro à 100° centigr. Suivant le général Roy, cette expansion est des 0.0168. Haellstroem la fait de 0.017583 (Gilbert's, *Annalen der Physik*, XVII, 107.) Lalande assure que d'après les expériences de Delisle, et les siennes propres, elle est de 0.0150 (*ibid*, p. 102.) Deluc a fait voir que l'expansion du mercure de zéro à 50° centigr. est, à son expansion, de 50° centigr. à la température de l'eau bouillante, comme 14 est à 15.

L'expansion de l'huile de lin fut déterminée par Isaac Newton.

L'expansion de l'acide sulfurique, de l'acide nitrique, de l'huile de térébenthine, est le résultat de mes expériences. Elles furent faites en remplissant des thermomètres avec les liquides, et en notant les degrés auxquels les liquides étoient stationnaires aux différentes températures marquées. On s'assuroit alors du poids du liquide équivalent à un degré du tube, et du poids de tout le liquide dont on cherchoit à connoître l'expansion. D'après ces données, il étoit facile d'évaluer cette expansion. Les degrés furent marqués correspondant à un bon thermomètre à mercure; mais comme la dilatation du mercure n'est pas uniforme,

il est évident que les nombres dévient graduellement de l'exactitude, en raison de la température; et c'est parce que cette déviation m'étoit connue, que je me déterminai à négliger les termes plus élevés de l'échelle. Il ne fut pas tenu compte de la correction pour raison de la dilatation du verre.

L'expansion de l'eau et de l'alcool fut déterminée par sir Charles Blagden, et par M. Gilpin. J'ai trouvé, par mes experiences, cette expansion considérablement moindre pour l'un et l'autre de ces liquides.

Ainsi j'obtins, pour l'expansion de l'eau, les résultats qui suivent:

Température		Expansion.	Température		Expansion.
Fahr.	Centig		Fahr.	Centig.	
42°.5	5°.83	100000	112°.5	44°.42	100777
52.5	11.39	100030	122.5	50.28	101006
62.5	13.61	100106	132.5	55.83	101220
72.5	22.50	100182	142.5	61.39	101495
82.5	28.05	100273	152.5	66.94	101705
92.5	33.61	100471	162.5	72.50	102040
102.5	39.16	100624	172.5	78.05	102260

M. Deluc, en mêlant ensemble des quantités égales d'eau à 32° Fahrenheit (zéro centigr.) et d'eau bouillante, détermina la température moyenne entre celle de l'eau bouillante, et de l'eau à son point de congélation. En supposant divisée en 80 parties l'expansion totale, à partir de la température de l'eau à son point de congélation jusqu'à la

température de l'eau à son terme d'ébullition, il trouva que l'expansion de 32° (0° centigr.), à cette température moyenne, (qui auroit été de 122° Fahrenh. ou 50° centigr. si l'expansion du mercure étoit uniforme) et de cette température moyenne à celle de l'eau bouillante, étoit dans différens liquides ainsi qu'elle est établie dans la table ci-contre.

	Fahrenheit. De 32° à la moyenne température.	Centigrade. De 0° à la moyenne température.	Fahrenheit. De la moyenne température à celle de l'eau bouillante.	Centigrade.	Rapport.
Mercure.....	38°.6	21°.44	41°.4	23°	14:15
Huiles d'olive et de lin..	37.8	21.	42.2	23.44	13.4 :15
Huile de camomille....	37.2	20.66	42.8	23.77	13.» :15
Eau saturée de sel.....	34.9	19.83	45.1	25.05	11.6 :15
Alcool rectifié.....	33.7	18.72	46.3	25.72	10.9 :15
Eau.....	19.2	10.66	60.8	33.77	4.7 :15

NOTES SUR LA BARITE,

Communiquées par M. d'Arcet.

(*Pag.* 392, *lig.* 2, etc.)

Pour convertir le sulfate de barite en sulfure de barite, au moyen du charbon, il faut éloigner avec soin le contact de l'air, et luter bien exactement le creuset; car le charbon chaud ou rouge décompose plus facilement l'air atmosphérique que l'acide sulfurique combiné. Nous employons en grand avec avantage le muriate de soude, qui sert d'abord à isoler la masse et à la recouvrir exactement, et ensuite qui facilite la transmission du calorique, qui ne pénétreroit que difficilement un mélange où il entre 0.125 de charbon.

(*Pag.* 392, *lig.* 7 *et* 8.)

Il faut évaporer presqu'à siccité, et redissoudre pour évaporer et faire cristalliser; sans cela il reste toujours dans les cristaux du soufre et de l'hydrogène sulfuré, qui, lors de la calcination, reforment du sulfate de barite.

Thomson ne parle pas ici de l'inconvénient dans lequel on tombe en employant les sulfates de barite qui contiennent du sulfate de chaux, d'alumine, etc.: il ne dit pas non plus que la barite obtenue par ce moyen contient toujours du nitrate et du nitrite de barite, et qu'il reste en outre, pour dépôt insoluble, beaucoup de carbonate et un peu de sulfate de barite. C'est sur-tout la présence

du nitrate et du nitrite de barite qui devient un inconvénient, et qui rend ce procédé peu propre à la préparation de l'eau de barite.

(*Pag.* 392, *lig. dern.*)

Si l'on ne vent que faire du carbonate de barite, ce procédé est excellent, sur-tout en ajoutant du sel marin au sulfate de barite et au charbon. Si on veut convertir ensuite le carbonate de barite en barite pure, le procédé ne donne que des résultats médiocres.

Si le carbonate de soude contient un peu de sulfate, ou que dans le charbon il y ait un peu de soufre, l'eau de barite contient du sulfure de barite, et le réactif devient infidèle. On n'obtient d'ailleurs que fort peu de barite par ce moyen, et ce n'est qu'à la température capable de favoriser la formation du gaz oxide de carbone, ce qui devient très-coûteux.

(*Pag.* 393, *lig.* 9 *et* 10.)

Dans nos travaux en grand, nous n'avons remarqué aucune différence entre l'action de la potasse ou de la soude caustiques sur les matières animales et végétales, et celle de la barite pure sur les mêmes matières. Nos observations tendent toutes à prouver l'identité : les ouvriers qui ont les mains et les habits percés en peu de tems, en sont une bonne preuve.

(*Pag.* 393, *à ajouter à la lig.* 10.)

Le terme moyen de tous nos essais a donné, pour le carbonate de barite factice, les proportions suivantes :

82 Barite.
18 Acide carbonique.

100.

(*Pag.* 395, *lig. dern.*)

Nous avons toujours trouvé que des cristaux de barite bien séchés entre des papiers Joseph contenoient au cent:

41.5 Barite pure et sèche.
58.5 Eau.

100.0.

Les cristaux étoient formés par le refroidissement, à 15° centigr., de l'eau saturée de barite à 100° centigr. de température.

(*Pag.* 396, *lig.* 11.)

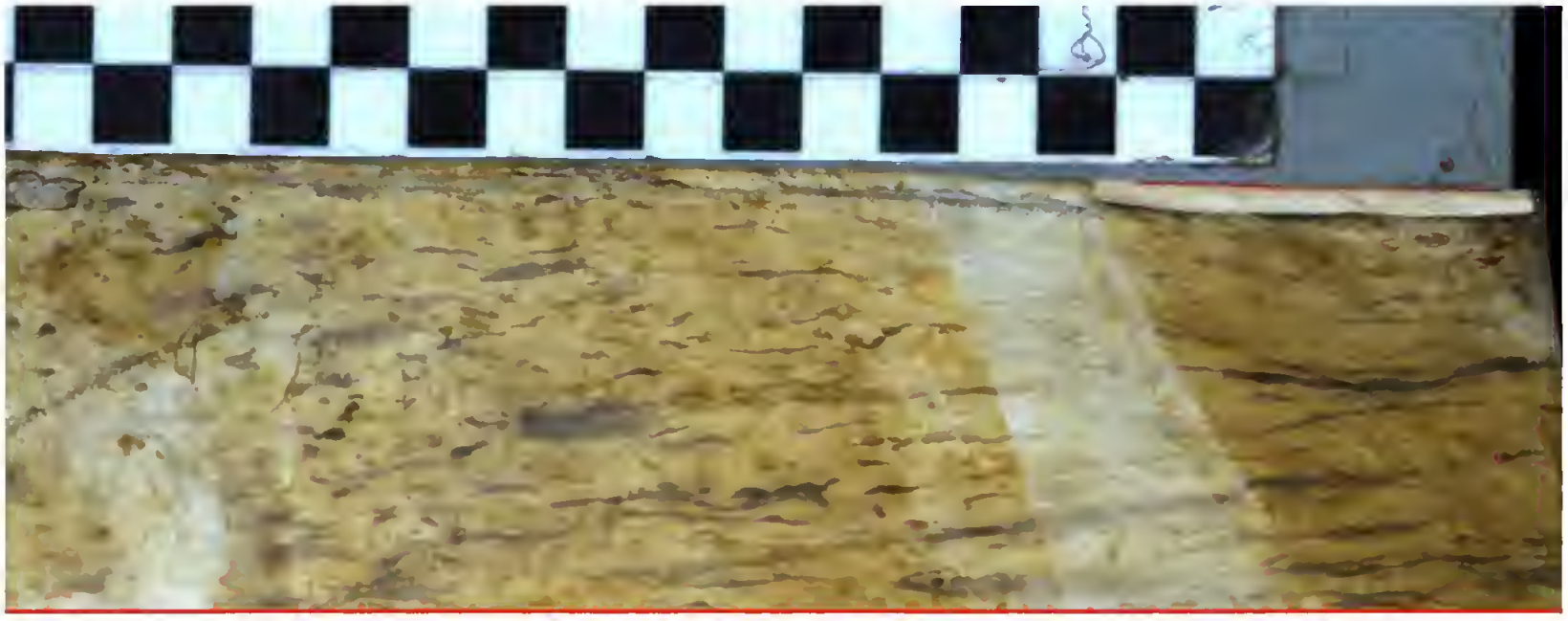
C'est en effet ce qui arrive pour tous les sels qui peuvent se dissoudre dans leur eau de cristallisation. C'est par inadvertance, sans doute, que Bouillon-Lagrange, tom. II, p. 30, 4e. édit. de son Manuel, dit en parlant du sulfate de soude *cristallisé* (et il parle bien de ce sel, puisqu'il met en tête de l'article, qu'il donne du froid avec l'eau,) *que l'eau bouillante dissout plus que son poids de ce sel.* Cette observation ne peut porter que sur le sulfate de soude sec, qui donne de la chaleur dans sa combinaison avec l'eau, et qui prend les 0.58 d'eau de cristallisation.

(*Pag.* 398, *lig.* 14.)

La barite caustique se combine très-bien avec l'oxide de cuivre. J'ai envoyé à M. Berthollet une dissolution de cuivre oxidé dans la barite, qui étoit presqu'aussi foncée que l'auroit été celle du même oxide par l'ammoniaque.

La barite et la strontiane se ressemblent si parfaitement, presque toutes les propriétés générales étant les mêmes, qu'il est inutile de répéter, au sujet de cette dernière terre alcaline, les observations faites sur la première.

Thomson n'ayant aucunement parlé des affinités de la barite et de la strontiane pour les acides, je n'ajouterai rien à ce sujet.

Fin du Tome second.

606951
SBN